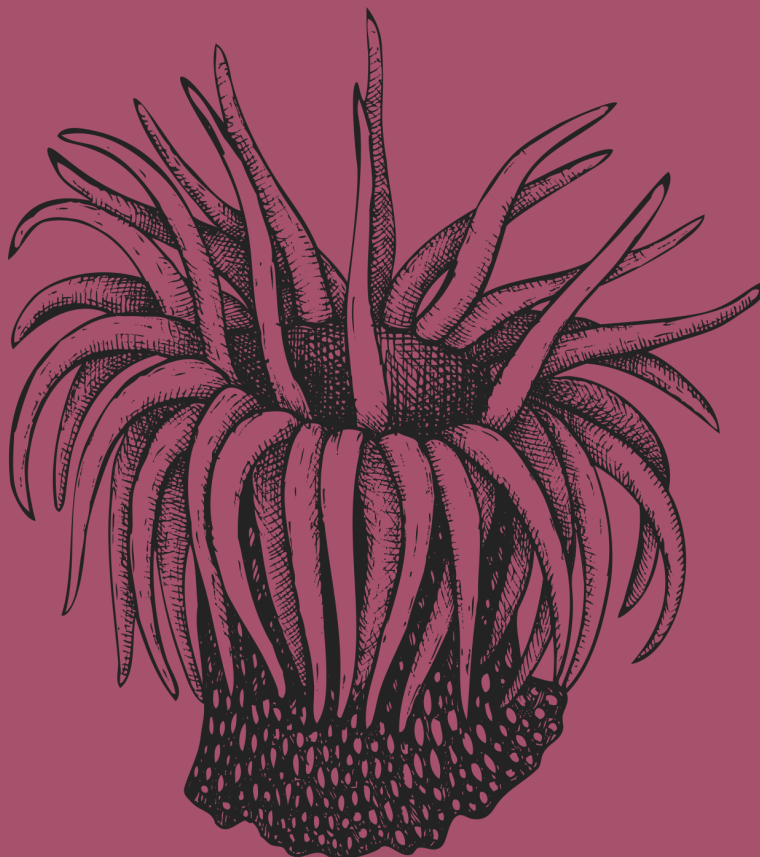


EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM SUDATLÁNTICA



Tercer ciclo de estrategias marinas

DESCRIPTOR 5 Eutrofización



Cofinanciado por
la Unión Europea



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fondos Europeos

ESTRATEGIAS
MARINAS
Protegiendo el mar para todos



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



**datos
abiertos**

Aviso legal: Los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados citando la fuente, y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Edita: © Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Madrid 2025.

NIPO: 665-25-050-2

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado: <https://cpage.mpr.gob.es>

MITECO: www.miteco.es



Autores del documento

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

- Jesús M. Mercado Carmona
- Isabel Ferrera Ceada
- Candela García Gómez
- Francisco Gómez Jakobsen
- Antonio Sánchez Sánchez
- Nerea Valcárcel Pérez

COORDINACIÓN GENERAL MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (SUBDIRECCIÓN GENERAL PARA LA PROTECCIÓN DEL MAR)

- Itziar Martín Partida
- Marta Martínez-Gil Pardo de Vera
- Lucía Martínez García-Denche
- Francisco Martínez Bedia
- Carmen Francoy Olagüe

COORDINACIÓN INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

- Alberto Serrano López (Coordinación)
- Paula Valcarce Arenas (Coordinación)
- Mercedes Rodríguez Sánchez (Coordinación)
- Paloma Carrillo de Albornoz (Coordinación)

CARTOGRAFIA Y BASES DE DATOS ESPACIALES (IEO-CSIC)

- M^a Olvido Tello Antón
- Luis Miguel Agudo Bravo
- Gerardo Bruque Carmona
- Paula Gil Cuenca



ÍNDICE

Autores del documento.....	3
1. Introducción.....	6
2. Definición de buen estado ambiental (BEA)	12
2.1. Definición del BEA por criterios	12
2.2. Definición de buen estado ambiental para el descriptor	14
3. Características, elementos y criterios evaluados en el descriptor.....	18
4. Evaluación general a nivel de la demarcación marina	22
5. Evaluación a nivel de criterio	26
5.1. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C1	26
5.2. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C2.....	38
5.3. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C3.....	44
5.4. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C4.....	52
5.5. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C5.....	54
6. Referencias	59



INTRODUCCIÓN



1. Introducción

La eutrofización es un proceso producido por el enriquecimiento en nutrientes debido a actividades humanas que da lugar a un aumento de la concentración de clorofila y a cambios en las comunidades de fitoplancton (efectos directos) y que en fases avanzadas puede producir una disminución de la concentración de oxígeno y de la transparencia, así como cambios en las comunidades bentónicas (efectos indirectos). Los criterios analizados en este descriptor incluyen los siguientes tres criterios primarios (esto es, aquellos cuya evaluación es obligatoria): D5C1 (nutrientes), D5C2 (clorofila) y D5C5 (oxígeno en el fondo); en zonas donde se detectan problemas de eutrofización, se aconseja la evaluación de criterios secundarios complementarios que son el D5C3 (número de eventos de floraciones), D5C4 (límite fótico), D5C6 (abundancia de macroalgas), D5C7 (macrófitos) y D5C8 (macrofauna).

En el golfo de Cádiz, el forzamiento atmosférico e hidrológico configura áreas oceánicas con diferente productividad que se caracterizan no sólo por una mayor o menor concentración de clorofila anual, sino también por diferencias en la intensidad y duración de los picos estacionales. En particular, los cambios en la productividad ligados a afloramientos inducidos por vientos del oeste son relativamente frecuentes, en especial en las aguas del sector noroeste de la demarcación sudatlántica (DMSUD). A esta variabilidad hidrológica hay que unir la debida a la influencia de los ríos que desembocan en la franja costera. Entre estos destacan las plumas de los ríos Guadalquivir, Tinto y Odiel y Guadiana, en cuyo entorno se localizan zonas con elevada concentración de nutrientes que se extienden casi por toda la franja litoral de la mitad oeste (Ribas-Ribas et al., 2011; Caballero y Navarro, 2011). El efecto de los aportes de agua desde estos ríos es particularmente notorio desde mayo a septiembre. En general, la zona costera localizada entre la bahía externa de Cádiz y el límite oriental de la demarcación es bastante menos productiva (si se exceptúa la propia bahía de Cádiz), aunque el gradiente decreciente de productividad de costa hacia mar adentro es una característica común de toda la demarcación. A esta variabilidad horizontal en la productividad del fitoplancton, se une la variabilidad estacional, con el período más productivo de marzo a mayo. Es interesante notar que incluso durante los meses menos productivos (junio, julio y agosto), la concentración de clorofila *a* en la franja costera suele mantenerse relativamente alta.

Al impacto de los aportes de nutrientes desde los ríos que desembocan en la DMSUD, se une el impacto de los vertidos desde fuentes puntuales y difusas que afecta a prácticamente todas las zonas costeras. De hecho, según la información recogida en los documentos del [tercer ciclo de planificación hidrológica](#) de las cuencas hidrográficas que presentan masas de agua costera en la DMSUD, aproximadamente el 76 % de las masas de agua sufre presiones significativas por aguas residuales. En conjunto, la cantidad de nitrógeno y fósforo procedentes de estas fuentes según lo recogido en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR) en el año 2021 fue de 8 y 0,42 kt, que representan el 13 % y el 9 % del total nacional, respectivamente.

Unidades marinas de evaluación (MRUs) de la eutrofización

De lo dicho anteriormente se infiere que la información disponible sobre la distribución espacial de la productividad planctónica en la DMSUD presenta una cierta heterogeneidad que trasciende los gradientes de costa a mar abierto, con sectores que evidencian diferencias notables tanto en la concentración media anual de clorofila como en la intensidad y duración de los blooms estacionales. Debido a esto, durante el primer ciclo de aplicación de las estrategias marinas se realizó un análisis espacial de la productividad planctónica basado en la serie temporal de clorofila *a* de satélite más larga disponible en ese momento. El procedimiento seguido se describió en detalle en los [documentos de la primera evaluación inicial](#) (MITECO 2012) y fue publicado en Mercado et al. (2016). En breve, consistió en analizar las características del ciclo anual de clorofila de satélite en diferentes áreas de la DMSUD para lo cual se calcularon promedios mensuales de clorofila *a* en cada uno de los píxeles de las imágenes que cubrían la demarcación. Los promedios mensuales de todos los píxeles se analizaron mediante un análisis clúster no jerárquico resultando finalmente agrupados en seis áreas que representan las zonas de la demarcación caracterizadas por un ciclo anual de productividad



fitoplanctónica diferenciada. Análisis posteriores revelaron que cada una de estas áreas presentaron también diferencias significativas en concentración de nutrientes, lo que indicó que son expresión de los principales mecanismos subyacentes que determinan la productividad en la DMSUD. Las zonas con productividad contrastante obtenidas en este análisis fueron utilizadas para delimitar unidades marinas de evaluación (MRUs) lo más coherentes posible con esta variabilidad natural. Estas zonas de productividad contrastante fueron utilizadas como criterio de agregación espacial de los datos y para el establecimiento de valores umbral (VU). En la evaluación inicial de segundo ciclo de las estrategias marinas, y en respuesta a la necesidad de introducir la escala espacial de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (en adelante DMA), se proyectaron espacialmente las masas de agua de la DMA en las MRUs obtenidas por análisis de las imágenes de satélite en la evaluación inicial de primer ciclo, lo que permitió agregar los datos generados en aplicación de la DMA conforme a un criterio basado en el ciclo anual de productividad promedio. No obstante, se optó por evaluar independientemente las aguas de la DMA agrupadas conforme a la distribución de las MRUs y el resto de las aguas de la DMSUD. En esta tercera evaluación inicial se ha optado por utilizar la misma zonación que en la segunda evaluación inicial (Figura 1 y Tabla 1), considerando también la necesidad de tener en cuenta la distribución de las masas de agua costera de la DMA y la zonación empleada en el documento de evaluación de la eutrofización producido recientemente en el marco del convenio OSPAR (OSPAR, 2023).

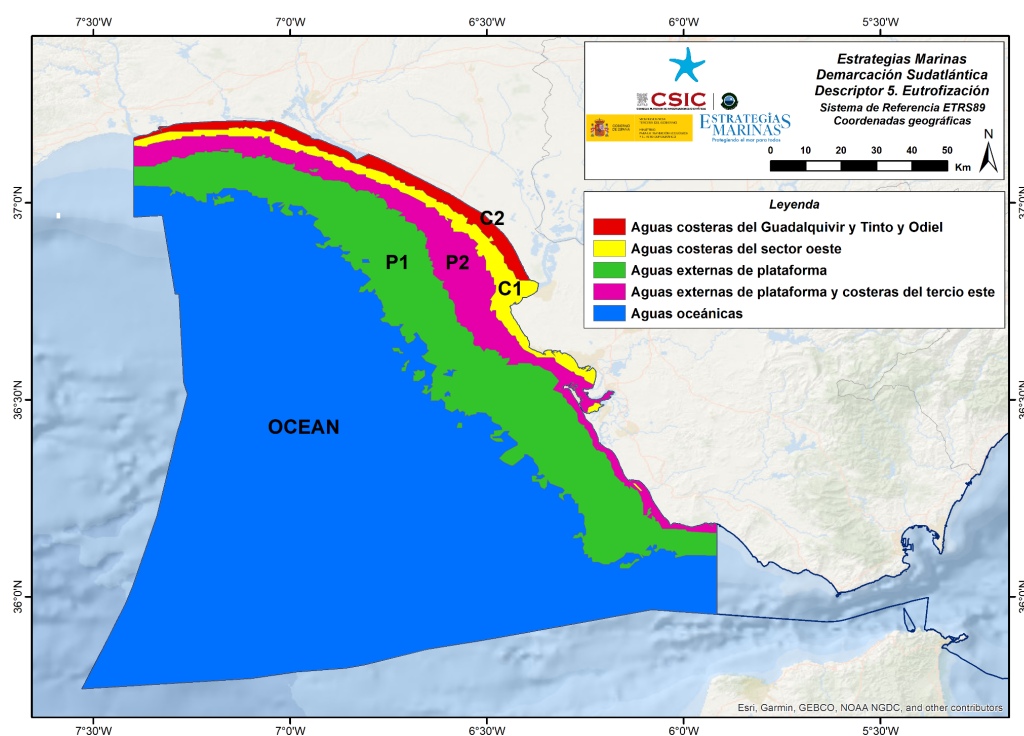


Figura 1. MRUs de la demarcación sudatlántica. Nota: SUR-OCEAN será nombrada en adelante como SURO1.

Esta división en unidades de evaluación acorde con la dinámica de la clorofila refleja principalmente las diferencias entre las aguas con más influencia de aportes terrestres desde ríos y las zonas donde la productividad depende más de la dinámica hidrológica. Así, la MRU SURC2 abarca las aguas costeras del entorno de las desembocaduras de los ríos Guadalquivir, Tinto y Odiel y Guadiana. SURC1 bordea esta zona y comprende las aguas costeras de casi toda la DMSUD algo más alejadas de la influencia fluvial. SURP2 representa una franja externa a SURC2 donde no existe influencia de los ríos dado que presenta un ciclo de productividad similar al de la costa de la zona más oriental. SURP1 es la zona de transición entre SURP2 y el área puramente oceánica (SURO1) de la demarcación.



Tabla 1. Unidades marinas de evaluación (MRUs) identificadas a partir del análisis de las imágenes de satélite de clorofila *a*. Se indica su extensión en km² (entre paréntesis el porcentaje de superficie que representa en relación con el total de la DMSUD) y el porcentaje de éstas que es ocupado por masas de agua de la DMA. En la columna Tipo se indica la tipología de agua de la DMA (Real Decreto 817/2015) que solapa en mayor proporción con la MRU.

Identificador de las áreas	Denominación	km2 (%)	DMA	Tipo
SURO1	Aguas oceánicas	9.997 (70,9 %)	0 %	-
SURP1	Aguas externas de plataforma	2.818 (17,8 %)	4,1 %	AC-T13
SURP2	Aguas externas de plataforma y costeras del tercio este	914 (6,5 %)	41 %	AC-T13
SURC1	Aguas costeras del sector oeste	413 (2,9 %)	58 %	AC-T13
SURC2	Aguas costeras del Guadalquivir y Tinto y Odiel	268 (1,9 %)	100 %	AC-T19

En el contexto regional, la DMSUD está incluida dentro del área IV de OSPAR, cuyo estado de eutrofización fue evaluado en el denominado [Quality Status Report](#) publicado en 2023 (en adelante QRS2023). Las unidades de evaluación empleadas en el QSR2023 para las aguas de la DMSUD fueron las utilizadas en la segunda evaluación inicial, por tanto, el uso de esta misma subdivisión de la demarcación en este tercer ciclo garantiza la coherencia con la evaluación regional, tal como se indica en la Decisión (UE) 2017/848 de la Comisión, de 17 de mayo de 2017, por la que se establecen los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas, así como especificaciones y métodos normalizados de seguimiento y evaluación, y por la que se deroga la Decisión 2010/477/UE (en adelante Decisión 2017/848/UE). No obstante, la norma también señala que se han de tener en cuenta las “aguas costeras, con arreglo a la Directiva 2000/60/CE”, con la finalidad de asegurar la coherencia entre las evaluaciones de los elementos de calidad analizados en esa Directiva y los criterios evaluados en la DMEM. Con este objetivo, se ha reanalizado la distribución de las masas de agua costera de la DMA y su relación con las MRUs de la Figura 1.

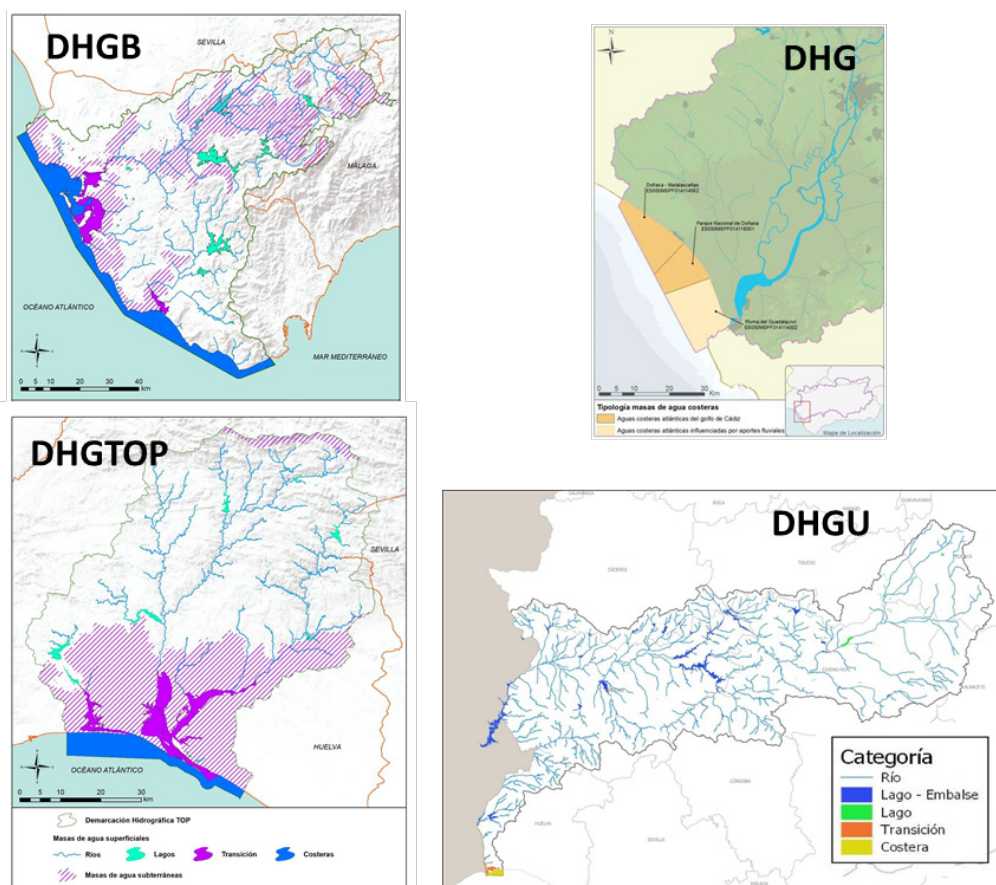


Figura 2. Masas de agua costera definidas en los planes hidrológicos de las cuencas hidrográficas que presentan masas de agua en la DMSUD. Los mapas han sido tomados de los respectivos documentos de planificación hidrológica (la escala es aproximada). Imágenes tomadas de las memorias de los planes hidrológicos de cuenca para el ciclo 2022/2027.

Las masas de agua costera definidas en aplicación de la DMA incluidas dentro de la DMSUD, son gestionadas por cuatro demarcaciones hidrográficas (DH, Figura 2): DH de Guadalete y Barbate ([DHGB](#)), del Guadalquivir ([DHG](#)), de los ríos Tinto, Odiel y Piedras ([DGTOP](#)) y del Guadiana ([DHGU](#)). Los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica de estas DH fueron publicados recientemente en los Reales Decretos 689/2023 de 18 de julio y 35/2023 de 24 de enero. La DMSUD incluye masas de agua costera de tres tipologías según el Real Decreto 817/2015 (Tabla 2). Las aguas del tipo AC-T13 ocupan la mayor parte de la costa mientras que las del tipo AC-T20 (aguas atlánticas con influencia mediterránea) representan apenas el 7 % y se localizan en la zona más próxima al estrecho de Gibraltar.

La comparación de las MRUs (Figura 1) con la distribución de masas de agua costera de la DMA según su tipología (Tabla 1), evidencia que estas últimas solapan con diferentes áreas de productividad, lo cual es por otro lado esperable dado que la tipología de la DMA se establece teniendo en cuenta únicamente criterios hidrológicos y las áreas de la DMEM se basan en el ciclo anual de productividad. El solapamiento entre las aguas costeras y las MRUs se muestra en la Tabla 2 SURP1 y SURO1 no presentan solapamiento significativo con las aguas de la DMA. En el otro extremo, SURP2 y SURC2 solapan casi en su totalidad con AC-T13 y AC-T19, respectivamente. Las aguas AC-T20 se incluyen también en su totalidad en SURP2.



Tabla 2. Tipología de masas de agua costera en la DMSUD. Se indica la superficie que representa cada tipo en relación con el total de la superficie de aguas costeras y de la superficie de la demarcación (en porcentaje).

Tipo	Descripción	Superficie aguas costeras (%)	Superficie de la DMSUD (%)	MRU
AC-T13	Aguas costeras atlánticas del Golfo de Cádiz.	70	14,9	SURP2
AC-T19	Aguas costeras atlánticas influenciadas por aportes fluviales	21	4,6	SURC2
AC-T20	Aguas costeras atlánticas influenciadas por aguas mediterráneas	7,2	1,5	SURP2



DEFINICIÓN DEL BUEN ESTADO AMBIENTAL



2. Definición de buen estado ambiental (BEA)

2.1. Definición del BEA por criterios

Se indica a continuación la definición del BEA para cada uno de los criterios recogida en la Decisión 2017/848/UE y cómo ha sido interpretada en función de los datos e información disponible.

Tabla 3. Definición del buen estado ambiental para el descriptor D5.

Criterio	Definición de la decisión	Definición adoptada
D5C1	Las concentraciones de nutrientes no se encuentran en niveles que indiquen efectos adversos de eutrofización	El índice de calidad ambiental (EQR, <i>environmental quality ratio</i>) calculado como la razón del VU y la concentración promediada del periodo es mayor o igual a 1 para todos los elementos evaluados
D5C2	Las concentraciones de clorofila-a no se encuentran en niveles que indiquen efectos adversos producidos por un exceso de nutrientes	El EQR calculado como la razón del VU y el percentil 90 de la concentración de clorofila en el periodo evaluado es mayor o igual a 1
D5C3	El número, la extensión espacial y la duración de las floraciones de algas nocivas no se encuentran a niveles que indiquen efectos adversos producidos por un exceso de nutrientes	No se detecta un aumento significativo durante el periodo de evaluación en la frecuencia de aparición y abundancia de los principales grupos taxonómicos productores de toxinas.
D5C4	El límite fótico (transparencia) de la columna de agua no se reduce, debido a un aumento de las algas en suspensión, a un nivel que indique efectos adversos producidos por el exceso de nutrientes	El porcentaje de valores de transparencia registrados que indican que el límite fótico se sitúa por encima del fondo en las estaciones cuya batimetría podría permitir el desarrollo de comunidades de macrófitos es inferior al 10 % y no se encuentra una tendencia decreciente significativa en el límite fótico
D5C5	La concentración de oxígeno disuelto no se reduce, debido a un exceso de nutrientes, a niveles que indiquen efectos adversos en los hábitats bentónicos (incluidas la biota y las especies móviles asociadas) u otros efectos de eutrofización	El EQR calculado dividiendo el percentil 10 de las concentraciones de oxígeno del periodo evaluado por el VU (6 mg L^{-1}) es mayor o igual a 1
D5C6	La abundancia de macroalgas oportunistas no se encuentra a niveles que indiquen efectos adversos producidos por el exceso de nutrientes	Puesto que la abundancia de macroalgas oportunistas será evaluada en el marco de otros descriptores, se remite a los mismos para una definición del BEA



Criterio	Definición de la decisión	Definición adoptada
D5C7	La composición de las especies y la abundancia relativa o la distribución por profundidades de las comunidades de macrófitos alcanzan valores que indican que no se dan efectos adversos producidos por enriquecimiento de nutrientes y materia orgánica	Al igual que el criterio D5C6, este criterio será evaluado en el marco de otros descriptores, se remite a los mismos para una definición del BEA
D5C8	La composición de las especies y la abundancia relativa de las comunidades de macrofauna alcanzan valores que indican que no se dan efectos adversos producidos por un enriquecimiento de nutrientes y materia orgánica	No se dispone de datos para evaluar este criterio y proporcionar un valor de BEA. No obstante, se tendrá en cuenta lo reportado en el tercer ciclo de planificación hidrológica en el que se evaluó el índice BOPA



2.2. Definición de buen estado ambiental para el descriptor

Reglas de agregación

En la Decisión 2017/848/CE se propone agrupar los indicadores del D5 en nutrientes, indicadores de efectos directos e indicadores de efectos indirectos, pero no establece normas para integrar el resultado de los elementos y parámetros evaluados dentro de cada grupo de indicadores. Es llevó en la [segunda evaluación inicial](#) a usar las reglas de integración de elementos del indicador y de los propios indicadores del procedimiento común de evaluación de la eutrofización de OSPAR. En la tercera evaluación inicial, se optó por seguir también estas reglas de integración que fueron revisadas en 2022 (COMP4; Figura 3). El COMP4 establece dos tipos de áreas, áreas sin problemas de eutrofización y áreas con problemas de eutrofización que asumiremos equivalentes a áreas en BEA y no BEA, respectivamente. En el tercer ciclo proponemos usar los elementos evaluados cuantitativamente dentro de cada categoría de criterios para determinar su estado, mientras que los elementos o parámetros para los que no se cuenta con un VU que permita un análisis cuantitativo, serán utilizados como información complementaria.

La evaluación de todos los elementos del criterio D5C1 (categoría I del COMP4; nutrientes) nos permitirá concluir si la MRU está o no afectada por exceso de nutrientes. Para esto, tanto el DIN como el DIP deben encontrarse a concentraciones por debajo de los respectivos VU en el periodo analizado (según procedimiento que se detalla a continuación).

Definición de BEA a nivel de descriptor: se considerará que el criterio está en BEA cuando todos los elementos y/o parámetros evaluados cuantitativamente se encuentren por debajo del VU (regla *One Out all Out*). La determinación de efectos directos e indirectos es llevada a cabo atendiendo también al resultado de la evaluación de los criterios valorados cuantitativamente (D5C2 y D5C5, respectivamente) y matizada según los resultados del resto de criterios (es decir, se significará que es necesario un especial seguimiento de los criterios secundarios de efectos directos, indirectos o ambos si los indicadores complementarios presentan un estado peor que bueno, aun habiéndose determinado que el D5C2 y D5C5 están en BEA).

Una vez evaluados los tres grupos de criterios, se clasificará el estado de eutrofización de las MRUs de acuerdo con el siguiente esquema (Figura 4):

- i) BEA: Áreas sin enriquecimiento de nutrientes donde no se detectan efectos directos ni indirectos
- ii) BEA*: Áreas con concentraciones en exceso o con tendencias positivas significativas de algunos de los elementos y/o parámetros del D5C1, pero sin efectos directos ni indirectos, o bien áreas en las que D5C2 y D5C5 se encuentran en BEA pero la información de los criterios no evaluados cuantitativamente aconseja un especial seguimiento en el próximo ciclo de evaluación
- iii) no BEA: Áreas que muestran un grado incrementado de nutrientes acompañado de efectos directos y/o indirectos
- iv) no BEA: Áreas con efectos directos y/o indirectos, pero sin evidencia de exceso de nutrientes

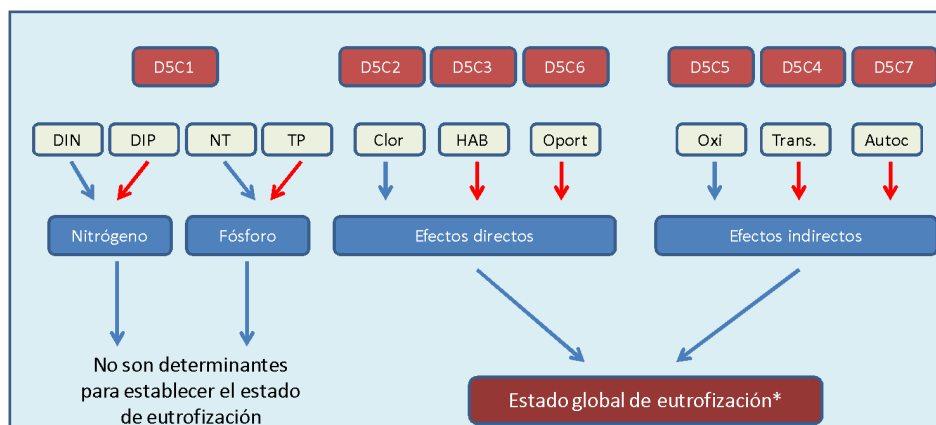


Figura 3. Esquema que ilustra la relación entre los criterios de la Decisión 2017/848/CE y su agrupación según las categorías de indicadores del COMP4.

	BEA	BEA*	No BEA	No BEA	No BEA
Nutrientes					
Efectos directos					
Efectos indirectos					

Figura 4. Clasificación de las MRUs de acuerdo con los resultados del análisis de los criterios y elementos de los criterios agrupados conforme al esquema del COMP4. Para los nutrientes las celdas sombreadas en gris indican que no contribuyen a la clasificación del MRU cuando se detectan efectos directos y/o indirectos.

A escala de demarcación, la Decisión 2017/848/UE establece también la necesidad de cuantificar el porcentaje de área que se encuentra en BEA así como cuál es la superficie mínima que debe encontrarse en BEA para establecer que la demarcación también lo está. Para calcular la superficie de la DMSUD en BEA tanto para el descriptor como para cada criterio, se ha tenido en cuenta la evaluación de cada MRU y la superficie que representa en el total de la demarcación. El umbral de porcentaje de área mínimo que debe estar en BEA para considerar que la DMSUD lo está se ha establecido en el 90 % atendiendo a que las MRUs que incluyen aguas costeras de la DMA (que son las más susceptibles a la eutrofización) representan aproximadamente el 21 % de la superficie (Tabla 2). De esta manera, un umbral del 90 % asegura que la DMSUD no será considerada en BEA si más de la mitad de la superficie ocupada por MRUs costeras no lo está.

El esquema propuesto para la evaluación global de la eutrofización en cada MRU es compatible con el método establecido en la DMA para evaluar el estado ecológico de las aguas costeras (RD 817/2015). Según el mismo, el estado es muy bueno o bueno cuando ninguno de los indicadores de calidad biológica (ECB en la Figura 5, que incluyen la clorofila, las comunidades de fitoplancton y las comunidades bentónicas, esto es, los criterios agrupados como efectos directos e indirectos) se desvía sustancialmente respecto a las condiciones de referencia y tampoco lo hacen los indicadores de calidad químicos y físico-químicos (Q/FQ, que incluyen nutrientes y oxígeno entre otros). En la DMA se consideran también los indicadores hidromorfológicos (HMF) para establecer el estado muy bueno o bueno, pero éstos no influyen en la determinación del estado cuando las desviaciones de uno de los



indicadores biológicos y/o químicos/físico-químicos sean significativas respecto a los condiciones de referencia, en cuyo caso se establece que la masa de agua se encuentra en estado peor que bueno (moderado, deficiente o malo). Consecuentemente, una MRU que se encuentre en BEA debería presentar un estado ecológico muy bueno o bueno según el esquema de la DMA salvo que la MRU haya alcanzado el BEA pero presente exceso de nutrientes que quedaría clasificada como en estado peor que bueno en la DMA. La MRU que no se encuentre en BEA quedaría en todo caso clasificada como con un estado ecológico peor que bueno en la DMA. Este esquema permite comparar directamente las evaluaciones de la DMA con la evaluación del D5, tal como establece la Decisión 2017/848/CE. No obstante, la equivalencia entre el BEA del D5 y la clasificación del estado ecológico de la DMA debería hacerse con precaución ya que en la determinación de este último se tienen en cuenta también elementos de calidad química que no son evaluados en el marco del D5. Además, la concentración de oxígeno que es evaluada en la DMEM como un elemento ligado a efectos indirectos (junto con las comunidades bentónicas), en la DMA se evalúa como un indicador de calidad físico-química.

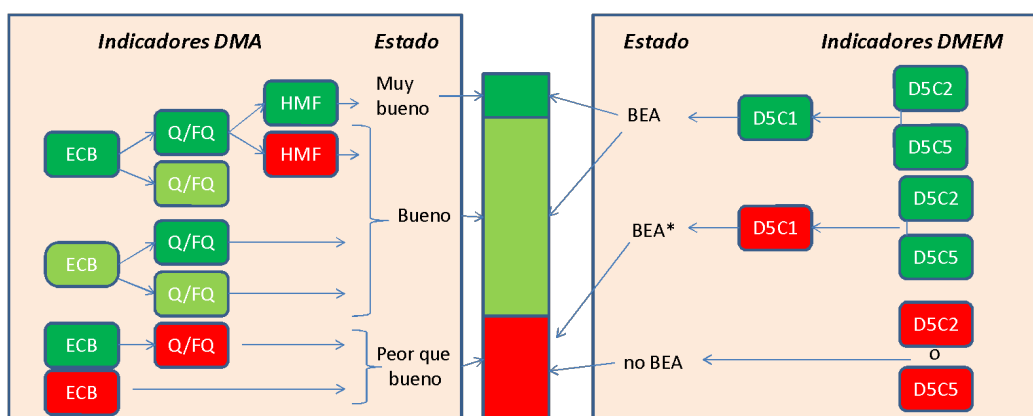


Figura 5. Esquema para la evaluación del estado ecológico de las aguas costeras basado en el Real Decreto 817/2015 comparado con el esquema de integración de los indicadores para la evaluación del estado de eutrofización de cada MRU. ECB: indicadores de calidad biológica; Q/FQ, indicadores de calidad química y físico-química; HMF, indicadores hidromorfológicos.

El esquema de evaluación propuesto para la tercera evaluación inicial es también compatible con las recomendaciones del Real Decreto 47/2022 sobre la Protección de las Aguas por Contaminación Difusa producida por los Nitratos Procedentes de Fuentes Agrarias. La determinación del estado de eutrofización según este Real Decreto estará basada en dos criterios, nutrientes y fitoplancton. El criterio *nutrientes* incluye las formas de nitrógeno y fósforo inorgánico presentes en el agua, mientras que el criterio *fitoplancton* incluye el indicador clorofila, esto es, ambos criterios son equivalentes al D5C1 y D5C2, respectivamente. El real decreto propone clasificar un área como *no eutrófica* cuando los nutrientes y la clorofila no excedan los respectivos valores umbral; cuando sea sólo la clorofila o los nutrientes el indicador que los sobrepase, el área será calificada como *en riesgo de eutrofización*. El área se clasificará como *eutrófica* cuando ambos, clorofila y nutrientes, excedan los valores umbral. Consecuentemente, una MRU que no se encuentre en BEA podría ser calificada como eutrófica según el Real Decreto 47/2022. Si el área se encuentra en BEA y no presenta exceso de nutrientes sería clasificada como no eutrófica. En el caso de que se encuentre en BEA pero presente exceso de nutrientes (esto es, BEA*), estaría en riesgo de eutrofización según el real decreto.



CARACTERÍSTICAS, ELEMENTOS Y CRITERIOS EVALUADOS EN EL DESCRIPTOR 5



3. Características, elementos y criterios evaluados en el descriptor

Desde la publicación de la Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina, DMEM) y de las primeras interpretaciones y recomendaciones para la evaluación de la eutrofización en el marco de ésta (como por ejemplo las del grupo de trabajo sobre eutrofización de la UE en 2010; Ferreira, 2010), ha habido pocos cambios en el esquema conceptual del descriptor. Básicamente se asume que la eutrofización es un proceso producido por el enriquecimiento en nutrientes debido a actividades humanas que da lugar a un aumento de la concentración de clorofila y a cambios en las comunidades de fitoplancton (efectos directos) y que en fases avanzadas puede producir una disminución de la concentración de oxígeno y de la transparencia, así como cambios en las comunidades bentónicas (efectos indirectos). El sistema de indicadores que emergió de esta definición fue ligeramente modificado por la Decisión 2017/848/UE, que definió como criterios primarios (esto es, aquellos cuya evaluación es obligatoria) el D5C1 (nutrientes), D5C2 (clorofila) y D5C5 (oxígeno en el fondo); en zonas donde se detectan problemas de eutrofización, se aconsejó la evaluación de criterios secundarios complementarios (que se listan en la Tabla 4). Este esquema de criterios no ha sido modificado con posterioridad, aunque sí se han publicado algunas recomendaciones por diferentes grupos de trabajo para guiar su evaluación y garantizar la coherencia en su aplicación entre los diferentes Estados miembros y con los convenios regionales. La Decisión 2017/848/UE definió también los elementos y parámetros que componen cada criterio, que en el caso del D5C1 incluye diferentes formas de nitrógeno y fósforo (nitrógeno inorgánico disuelto, nitrógeno total, fósforo inorgánico disuelto y fósforo total; DIN, TN, DIP y TP, respectivamente).

Siguiendo lo establecido en la Decisión 2017/848/UE, para todas las MRUs de la DMSUD que incluyen aguas costeras se han evaluado los criterios primarios y dentro de éstos, los elementos y parámetros para los que se dispone de datos (Tabla 4; debe notarse que no hay datos disponibles de TN y TP). De entre los criterios secundarios, se han evaluado también el D5C3 y D5C4. Los criterios secundarios relacionados con las comunidades bentónicas (D5C6, D5C7 y D5C8) no se han evaluado puesto que serán analizados en el marco de otro descriptor; no obstante, los resultados de esas evaluaciones se han tenido en cuenta como información complementaria a la evaluación del D5 (incluyendo no sólo la evaluación realizada dentro de esta tercera evaluación inicial de las estrategias marinas sino también las publicadas en los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica). En las MRUs que no incluyen aguas costeras (SUDP1 y SUDO1), sólo se han evaluado los criterios primarios para los que se ha contado con datos suficientes.

Se indican a continuación algunas de las consideraciones principales que han guiado la evaluación de los criterios evaluados de acuerdo con lo recogido en la Decisión 2017/848/UE y a la información y datos disponibles.

Criterio D5C1: La definición del buen estado ambiental (BEA) en los términos de la Decisión 2017/848/UE implica que los nutrientes deben ser evaluados en función de su impacto sobre otros elementos del ecosistema (algunos definidos en el resto de criterios), lo cual a menudo es complejo dado que en general no se cuenta con información suficiente para determinar cuál es el límite de concentración de nutrientes a partir del cual cada uno de estos criterios responde negativamente en cada MRU. Por ello, la definición del BEA para el criterio D5C1 que se adoptó en la primera evaluación inicial se centró en determinar si la concentración de nutrientes sobrepasó en cada MRU las concentraciones esperables de acuerdo con sus características hidrológicas y a la variabilidad observada considerando todo el periodo de tiempo para el cual se dispuso de datos. En principio, desviaciones de la concentración en el periodo de evaluación más allá de lo esperado indicarían que los aportes terrestres impactan el balance de nutrientes. El problema pues en la definición del BEA para este criterio se trasladó a la definición de valores umbral adecuados para cada elemento del criterio (en adelante valores umbral, VU) frente a los que comparar las concentraciones obtenidas en el periodo de evaluación.

Criterio D5C2: La Decisión 2017/848/UE incide en determinar el BEA para este criterio en función de la relación causa-efecto entre el exceso de nutrientes y el incremento de la productividad en la



columna de agua. No obstante, la evaluación de esta relación es compleja y requiere un buen conocimiento de la dinámica espacial y temporal tanto de los nutrientes como de la propia clorofila. Esto es especialmente difícil en el caso de la DMSUD porque la productividad está fuertemente condicionada por la circulación horizontal de las masas de agua, el impacto del régimen de vientos y los gradientes físico-químicos en el entorno de las desembocaduras de los ríos. Por esto, la definición del BEA para el criterio D5C2 que se adoptó en la primera evaluación inicial se centró en determinar si la concentración de clorofila sobrepasó en cada MRU las concentraciones esperables de acuerdo con sus características hidrológicas y a la variabilidad observada. Para esto se calcularon concentraciones de referencia considerando todo el periodo de tiempo para el cual se dispuso de datos para cada MRU, que fueron utilizados como VU. En el segundo ciclo, para las aguas costeras de la DMA se consideraron además como VU los umbrales publicados en los planes hidrológicos. En este tercer ciclo se ha adoptado una estrategia cuantitativa similar para la evaluación de este criterio.

Criterio D5C3: Es de suponer que este criterio alude únicamente a especies planctónicas y que el término floración de algas nocivas se refiere a los episodios de crecimiento masivo de ciertas especies que pueden derivar en la producción de toxinas. En el medio marino estas floraciones son producidas principalmente por algunas especies de cianobacterias, diatomeas y dinoflagelados y en general se considera que, si bien el exceso de nutrientes en la columna de agua es condición necesaria para que se produzcan, los mecanismos que los generan son poco conocidos. Este es el caso de la DMSUD donde la presencia de toxinas y/o de las especies que las producen, es un fenómeno recurrente cuya aparición (y extensión o duración) no es fácil relacionar directamente con episodios de contaminación por nutrientes. Por tanto, con el conocimiento actualmente disponible no es posible establecer una definición cuantitativa del BEA para este criterio basada en un VU. No obstante, atendiendo al hecho de que el aumento de la frecuencia de estos episodios se podría relacionar con una mayor disponibilidad de nutrientes, se propone evaluar semi-cuantitativamente este criterio a partir de la tendencia en la frecuencia de aparición y/o abundancia de los grupos de especies que más frecuentemente producen episodios de mareas rojas en la DMSUD.

Criterio D5C4: Los efectos adversos del exceso de nutrientes sobre la transparencia derivan indirectamente del posible aumento de la abundancia de fitoplancton y puede tener esencialmente dos consecuencias sobre los ecosistemas: (1) reducir la superficie ocupada por las comunidades de macrofitos al afectar negativamente a su crecimiento (al reducir la luz que llega al fondo); (2) aumentar la proporción de la columna de agua donde predominan los procesos de respiración, que consumen oxígeno. En relación con el primer efecto, la reducción de la transparencia puede dar lugar a cambios en el límite de distribución de las comunidades bentónicas desde costa hacia mar adentro, lo que en general viene marcado por la profundidad de la capa fótica o límite fótico (profundidad a la que llega el 1 % de la luz incidente en superficie). Dado que la batimetría determina la distribución de estas comunidades, el posible impacto de la reducción de la transparencia depende de la batimetría de la zona que se considere. Por tanto, no es posible establecer un valor del límite fótico común (VU) para toda la DMSUD sino que éste debe variar según se trate o no de zonas que por su batimetría puedan albergar comunidades de macrofitos. Igual ocurre con el segundo efecto adverso, para el que no es posible determinar un VU constante para toda la DMSUD, por lo que sólo puede ser valorado atendiendo a su tendencia en el periodo de evaluación respecto a periodos previos. A estas dificultades en la evaluación del criterio hay que unir el hecho de que la transparencia es afectada por la presencia de sustancias coloreadas disueltas y en suspensión cuya concentración en el agua no está necesariamente relacionada con el aumento de la biomasa de fitoplancton.

Criterio D5C5: El efecto del exceso de nutrientes sobre la concentración de oxígeno se produce de manera indirecta debido a que un aumento de la biomasa de algas produce un aumento de la materia orgánica que tiende a acumularse en el fondo marino. En general, en la literatura científica se establece el umbral de 6 mg L^{-1} como el límite de concentración por debajo del cual se pueden comenzar a manifestar efectos negativos del déficit de oxígeno sobre la fauna bentónica. Por tanto, se cuenta con un VU indicador de efectos adversos que puede ser utilizado ampliamente. No obstante, la definición del BEA para este criterio requiere definir también para cada MRU con qué frecuencia es tolerable obtener registros por debajo de este umbral considerando el periodo de evaluación completo.



Valores umbral (VU): Como se ha indicado anteriormente, para los elementos de los indicadores que se evalúan cuantitativamente (D5C1, D5C2 y D5C5) es necesario establecer VUs. En la [primera evaluación inicial](#), los VUs utilizados fueron las concentraciones de referencia calculadas para cada MRU a partir de todos los datos que pudieron ser recopilados. En la [segunda evaluación inicial](#), para las aguas costeras se consideraron además los umbrales utilizados para los mismos elementos en aplicación de la DMA para la definición del límite entre el estado bueno/moderado, que estuvieron en ese momento basados en la información publicada en los planes hidrológicos del segundo ciclo de planificación hidrológica. En esta tercera evaluación inicial se ha seguido el mismo criterio de manera que en las MRUs que no contienen significativamente masas de agua de la DMA (aquellas en las que estas últimas representan menos del 10 % del área, Tabla 2) se han usado los VUs calculados en la primera evaluación inicial o bien, en las MRUs que incluyen masas de agua de la DMA, se han usado los umbrales del límite de estado bueno/moderado recogidos en el RD 817/2015.

Tabla 4. Elementos de los criterios del D5 que han sido evaluados en esta tercera evaluación inicial (✓). Se indican también los elementos que no han sido evaluados en el marco de este descriptor pero que sí son considerados en la evaluación del D5 por disponerse de evaluaciones realizadas para otros descriptores o de la DMA (✗*). Los elementos marcados con ✗ no han sido considerados en la evaluación *No evaluados en el marco de este descriptor pero sí considerados para complementar la evaluación del resto de criterios.

Criterio	Elemento	MRUs				
		SURC2	SURC1	SURP2	SURP1	SURO1
D5C1	DIN	✓	✓	✓	✓	✗
	DIP	✓	✓	✓	✓	✗
	TN	✗	✗	✗	✗	✗
	TP	✗	✗	✗	✗	✗
D5C2	Chla	✓	✓	✓	✓	✗
D5C3	HAB	✓	✓	✓	✗	✗
D5C4	Límite fótico	✓	✓	✓	✗	✗
D5C5	Oxígeno	✓	✓	✓	✗	✗
D5C6	Macroalgas oportunistas	✗*	✗*	✗*	✗	✗
D5C7	Macrófitas	✗*	✗*	✗*	✗	✗
D5C8	Macrofauna bentónica	✗*	✗*	✗*	✗	✗



EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA



4. Evaluación general a nivel de la demarcación marina

Consecución del BEA

Tabla 5. Resultados de la evaluación general en la DMSUD para el descriptor 5.

Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización)	90 %
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	100 %
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Los resultados de la evaluación de la eutrofización de la demarcación sudatlántica obtenidos aplicando el esquema de integración antes explicado se resumen en la Tabla 6, donde se muestra que todas las MRUs de la demarcación que incluyen aguas costeras se encuentran en BEA dado que no se detectan efectos directos ni indirectos. Sin embargo, la concentración de algunas de las formas de NID y DIP analizadas exceden los valores umbral en SURC1 y SURP2, que ocupan la mayor parte de las aguas costeras de la mitad oriental (los datos disponibles para SURC2 no fueron suficientes para llevar a cabo la evaluación del criterio D5C1). En el caso de SURC1, la situación de exceso de nutrientes persiste desde las dos anteriores evaluaciones iniciales (Tabla 7). Sin embargo, el estado de este criterio ha empeorado en SURP2. Estos resultados están en línea con el hecho de que más del 70 % de las aguas de transición, según la evaluación de la DMA recogida en los documentos del tercer ciclo de planificación hidrológica, presentaron exceso de nutrientes, así como que las aguas residuales representan una presión significativa en múltiples masas de agua costera de la demarcación. No obstante, sólo aproximadamente el 20 % de las masas de agua de la DMA presentaron un estado peor que bueno respecto a sus concentraciones de nutrientes. En todo caso, hay que tener en cuenta que los periodos evaluados en la DMA no son coincidentes con los de esta tercera evaluación inicial y que, según la presente evaluación inicial, este exceso de nutrientes no deriva en concentraciones elevadas de clorofila. Más bien al contrario, la concentración promediada de clorofila en el periodo evaluado se ha reducido en relación con el promedio de los periodos anteriores en tres de las cuatro MRUs en las que se ha analizado el criterio D5C2. Tampoco se encuentran aumentos significativos en la abundancia y frecuencia de aparición de *blooms* de los grupos de fitoplancton analizados. Más bien al contrario, y en línea con lo obtenido para el D5C2, la abundancia de diatomeas y dinoflagelados tendió a disminuir en buena parte de la franja costera de la demarcación. Las concentraciones de oxígeno se mantuvieron por encima del VU, por lo que no se observan déficits significativos indicativos de efectos indirectos. En el mismo sentido, en la evaluación de las comunidades bentónicas de la DMA no se detectaron masas de agua en que éstas presentaran un estado peor que bueno. No obstante, los valores del límite fótico en las MRUs donde ha podido ser evaluado revelan que la transparencia puede limitar potencialmente el crecimiento de las comunidades de macrófitos en amplias zonas de la demarcación sudatlántica. Como se ha comentado previamente, la transparencia depende no sólo de la concentración de clorofila en la columna de agua, sino también de la presencia de sustancias disueltas y particuladas ópticamente activas. Con los datos disponibles no es posible analizar si esta reducida transparencia se debe a concentraciones elevadas de clorofila o bien a los otros factores mencionados.



Tabla 6. Resultados de la evaluación de los criterios para cada MRU. BEA indica buen estado ambiental. El asterisco en la columna estado indica que existe algún elemento del criterio que requiere especial seguimiento.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (evaluación no concluyente); ■ No evaluado;
↑ Tendencia creciente; ↓ Tendencia decreciente

Área de evaluación	% de aguas nacionales	Efectos directos						Efectos indirectos		Estado
		D5C1	D5C2	D5C3	D5C4	D5C6	D5C7	D5C5	D5C8	
SURC2	1,9	■	■	■	■	■	■	■	■	BEA
SURC1	2,9	■	↓	■	■	■	■	■	■	BEA*
SURP2	6,5	↑	↓	■	■	■	■	■	■	BEA*
SURP1	17,8	■	↓	■	■	■	■	■	■	BEA*
SURO1	70,9	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabla 7. Comparación de los resultados de la evaluación del D5 en las tres evaluaciones iniciales. Símbolos de colores como en la Tabla 3

	Nutrientes			Efectos directos			Efectos indirectos		
	1EI	2EI	3EI	1EI	2EI	3EI	1EI	2EI	3EI
SURC2	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SURC1	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SURP2	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SURP1	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SURO1	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Principales presiones relacionadas

Tabla 8. Presiones y actividades que afectan al D5.

Presiones	Actividades
Aporte de nutrientes	Cultivo de especies vivas Transporte
Aporte de materia orgánica	Usos urbanos e industriales Reestructuración física de ríos, costa o fondos (gestión del agua)



En general, los aportes de nutrientes se clasifican según su origen en puntuales y difusos (Figura 6). La contaminación puntual se produce principalmente por los vertidos de aguas residuales e industriales, que en su mayoría (al menos los más significativos) son inventariados en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (REEFT). Los ríos representan también fuentes importantes de nutrientes, en especial cuando se encuentran a su vez afectados por contaminación. Entre las fuentes difusas se incluyen los lixiviados agrícolas y de granjas que alcanzan el medio marino por infiltración directa o por vía de las descargas de aguas subterráneas cuya importancia apenas si ha sido evaluada.

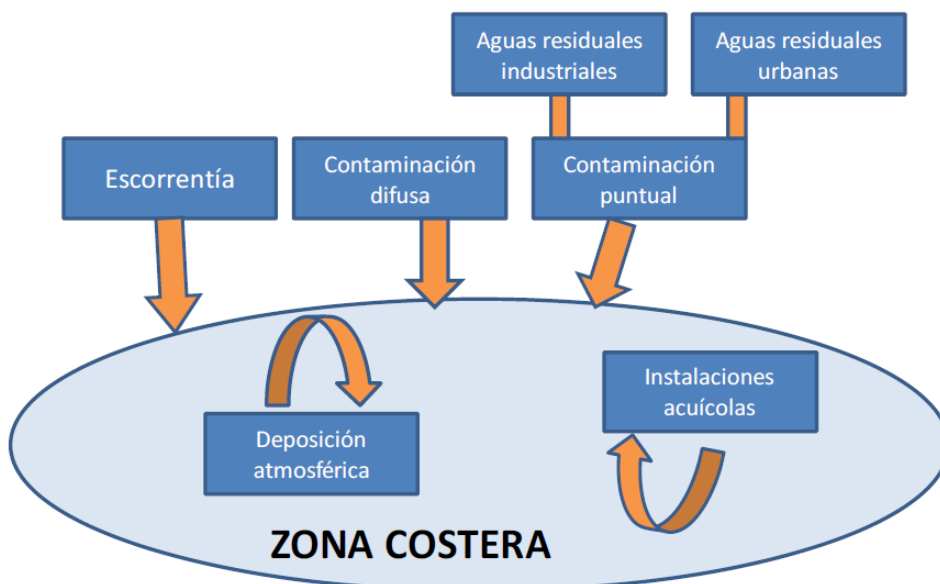


Figura 6. Esquema que ilustra las principales presiones que afectan al D5.



EVALUACIÓN A NIVEL DE CRITERIO



5. Evaluación a nivel de criterio

5.1. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C1

Consecución del BEA

Tabla 9. Evaluación el buen estado ambiental del criterio D5C1 en la DMSUD.

Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización)	90 %
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	100 %
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Área de evaluación

Todas las MRUs de la demarcación excepto SURO1.

Parámetros utilizados

Concentración de nitrato, nitrito, amonio y fosfato.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 10 y en la Figura 8 se resumen los resultados de la evaluación de los diferentes elementos y parámetros que componen el criterio D5C1 (los datos disponibles para SURO1 no fueron suficientes para llevar a cabo esta evaluación). En SURC2 la cantidad de datos disponibles fue muy reducida e insuficiente para determinar el estado del parámetro con la confianza estadística adecuada. En las MRUs donde ha sido posible llevar a cabo la evaluación, el indicador D5C1 sólo se encuentra en BEA en SURP1, aunque debe notarse que el elemento NID no pudo evaluarse por falta de datos. En SURC1 y SURP2 se encontró un exceso de NID y en el caso de la SURC1 también de DIP. La comparación de las concentraciones obtenidas en 2016-2021 con las obtenidas en periodos previos en SURP1 evidencia una tendencia al aumento en las tres formas de NID analizadas que es contraria a la tendencia decreciente que se ha obtenido para el DIP. En comparación con las [dos evaluaciones iniciales anteriores](#), el estado del D5C1 ha empeorado en SURP2 debido a un exceso de NID que no fue detectado en la [segunda evaluación inicial](#).



Tabla 10. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C1.

Estado del parámetro: ■ MRU sin exceso de concentración; ■ MRU con exceso de concentración; ■ Desconocido (evaluación no determinante por falta de datos); ■ No evaluado; ↑ Tendencia creciente; ↓ Tendencia decreciente; ¿? Tendencia desconocida

Criterio	Elemento		Estado				
D5C1	Parámetro		SURC2	SURC1	SURP2	SURP1	SURO1
	NID	Nitrato	■	■ ¿?	■ ↑	■	■
		Nitrito	■	■ ¿?	■ ↑	■	■
		Amonio	■	■ ¿?	■ ↑	■	■
	DIP		■	■ ¿?	■ ↓	■ ¿?	■
Integ.			■	■ no BEA	■ no BEA	■ BEA	■

Tabla 11. Comparación de los resultados de la evaluación de los elementos del criterio D5C1 en las tres evaluaciones iniciales.

■ MRU sin exceso de concentración; ■ MRU con exceso de concentración; ■ Evaluación no concluyente. ■ No evaluado.

		NID			DIP		
		1EI	2EI	3EI	1EI	2EI	3EI
	SURC2	■	■	■	■	■	■
	SURC1	■	■	■	■	■	■
	SURP2	■	■	■	■	■	■
	SURP1	■	■	■	■	■	■
	SURO1	■	■	■	■	■	■

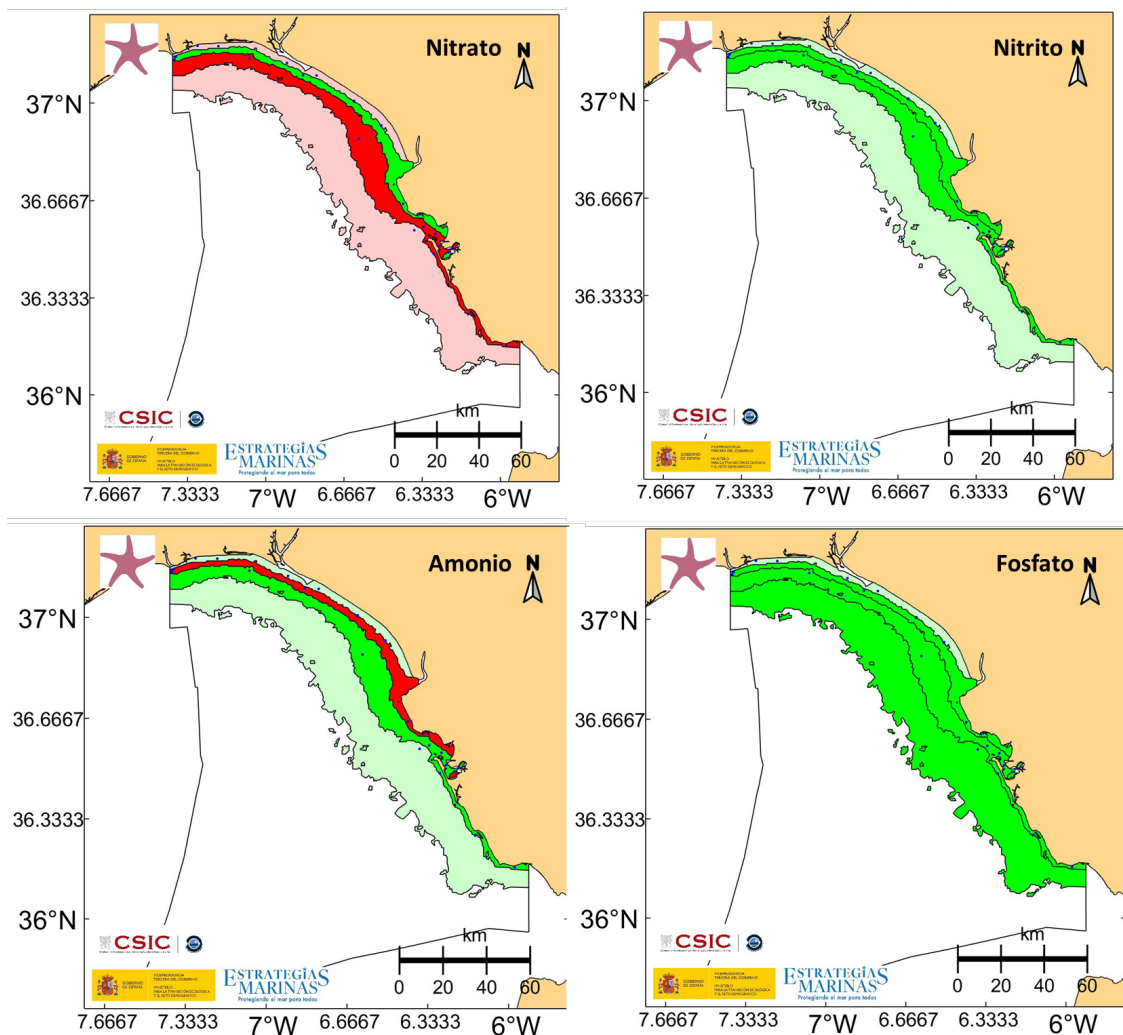


Figura 8. Resultados de la evaluación de los parámetros y elementos del D5C1 que se han evaluado. Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En verde oscuro se muestran las MRUs donde la concentración no excede los valores umbral (esto es, el EQR es mayor a 1); en rojo oscuro, las MRUs afectadas de un exceso de concentración (EQR menor a 1); en tonos más claros las MRUs para las que los datos no permiten llevar a cabo la evaluación del elemento; en blanco se dibujan las MRUs para las cuales no se ha dispuesto de datos. Los puntos negros dentro de cada RMU indica la posición de las estaciones con datos del periodo 2016-2021.

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

1. Fuente de datos: Se recopilaron los datos georeferenciados de cada elemento o parámetro disponibles hasta 2021, incluyendo los que se obtuvieron para la primera y segunda evaluación inicial. Las principales fuentes de datos de nitrato, nitrito, amonio y fosfato han sido los programas de vigilancia y control de la DMA en las DHs (proporcionados por la Comunidad Autónoma de Andalucía) y el sistema de información Wise Marine Information System for Europe (WISE). Esta última plataforma recopila información a través de la aplicación de la DMEM, por tanto, son también datos generados en aplicación de esta directiva. Los datos de la DMA han sido proporcionados directamente por la Comunidad Autónoma de Andalucía. Según la información de los documentos de planificación hidrológica, los datos procedentes de ambas fuentes (DMA y WISE) fueron generados de acuerdo con las recomendaciones técnicas descritas en el Real Decreto 817/2015, a su vez basados en el anexo V de la DMA modificado a través de la Directiva 2014/101/UE de 30 de octubre de 2014.



Una vez recopilados, cada registro fue asignado a una MRU en función de la localización de la estación en la que se originaron. Posteriormente, se seleccionaron los registros procedentes de muestras recogidas en la capa superficial de la columna de agua (de 0 a 25 m de profundidad). En la Figura 9 se muestra el porcentaje de registros de nitrato, nitrito, amonio y fosfato que proceden de los programas de seguimiento de la DMA y de WISE. Los datos de la DMA han nutrido especialmente la base de datos para la evaluación de SURC1, SURP1 y SURP2, donde de hecho constituyen más del 60 % de los registros disponibles. La evaluación de SURC2 está basada íntegramente en los datos de WISE. No se han obtenido datos para SURO1.

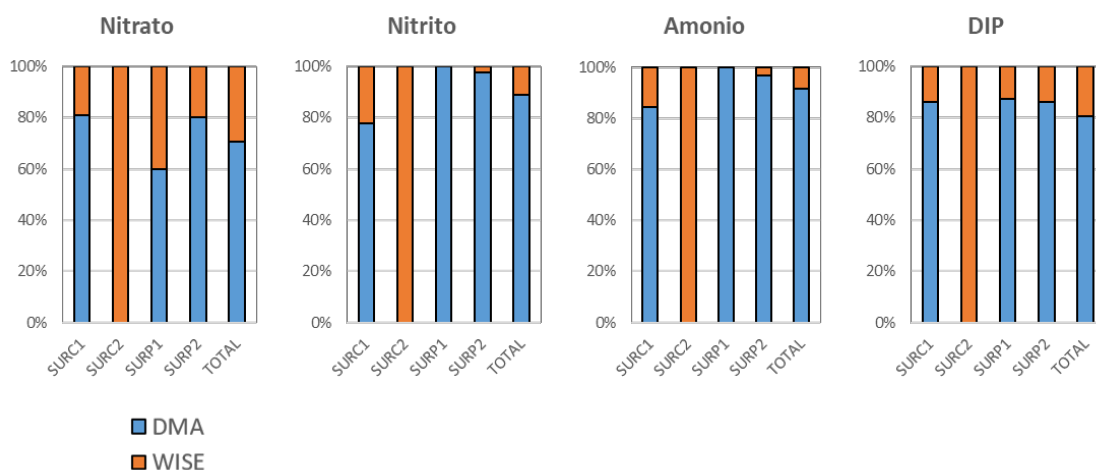


Figura 9. Porcentaje de registros procedentes del programa de seguimiento de la DMA y de Wise Marine Information System for Europe (WISE) utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en las Figuras 13 a 16.

2. Evaluación: Cada elemento o parámetro fue evaluado independientemente dentro del periodo de evaluación. Para esto, se calculó el promedio para todo el periodo (Figura 10). Este valor promedio fue comparado con el valor umbral, calculando un índice de calidad ambiental (environmental quality ratio, EQR) como la razón del VU y la concentración promediada del periodo. Valores de EQR menores de 1 fueron considerados indicativos de exceso de concentración del elemento o parámetro. Las MRUs en que EQR fue mayor de 1 se muestran en verde en la Figura 8.

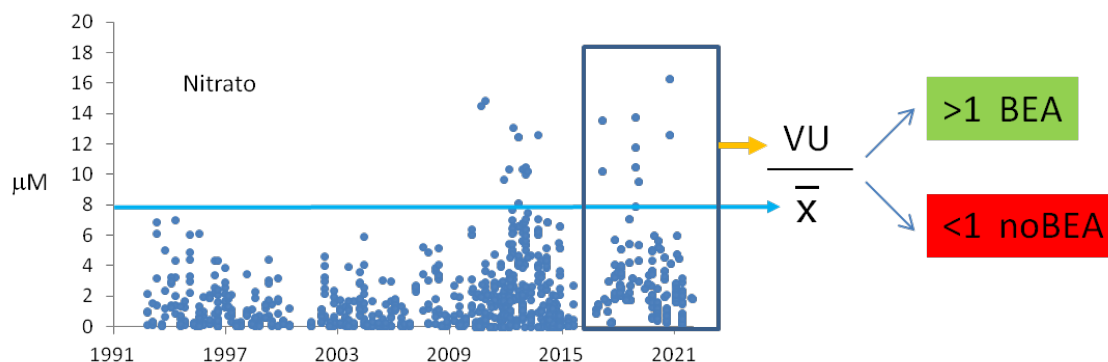


Figura 10. Esquema del procedimiento seguido para el cálculo del EQR para cada elemento y parámetro del DC51 evaluado cuantitativamente. VU representa el valor umbral y $\bar{X}$ la media del periodo 2016-2021.

3. Confianza estadística de la evaluación: Con el fin de determinar la confianza estadística de los valores medios obtenidos para la evaluación de cada parámetro, se evaluó su representatividad espacial y



temporal en el periodo 2016-2021. La confianza estadística temporal de la base de datos de cada MRU se evaluó determinando el número de meses en los que se dispuso de datos durante todo el periodo. Se consideró que en las MRUs en que los datos cubren al menos el 70 % de los meses, la confianza estadística temporal de los datos es buena; cuando este porcentaje estuvo comprendido entre el 30 y 70 %, se consideró que la confianza temporal era aceptable y pobre cuando el porcentaje de meses cubierto fue menor al 30 %. La confianza espacial se determinó analizando la distribución de las estaciones de muestreo de las que se dispuso de datos en el periodo de evaluación. Se determinó la superficie cubierta por el polígono formado por las estaciones de muestreo, que fue comparada con la superficie de la MRU. Cuando la superficie cubierta por las estaciones de muestreo fue mayor al 70 % de la superficie de la MRU se consideró que la representatividad espacial era alta; porcentajes de cobertura entre 70 y 30 se consideraron indicativos de representatividad espacial aceptable y porcentajes menores al 30 % indicativos de representatividad pobre.

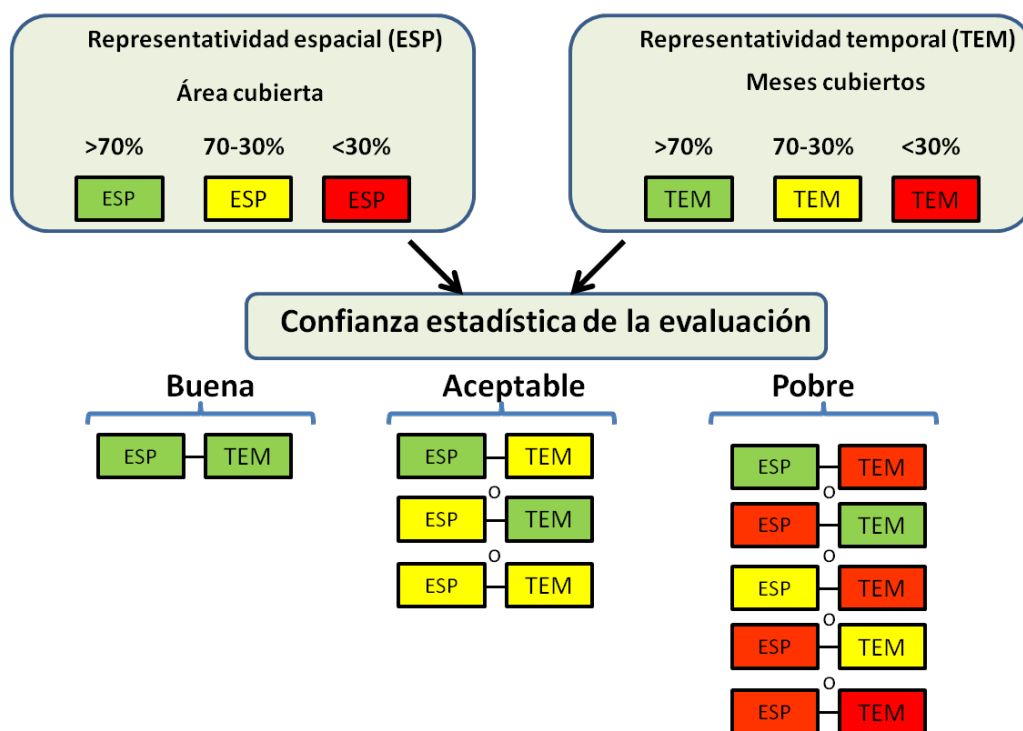


Figura 11. Esquema que ilustra el procedimiento y los criterios empleados para determinar la confianza estadística de la evaluación.

La confianza estadística global de la evaluación en cada MRU se determinó combinando los resultados del análisis de confianza temporal y espacial, de manera que ésta viene dada por la menor confianza estadística de los dos criterios (Figura 11). Esto es, se concluyó que la confianza estadística es buena sólo cuando tanto la confianza temporal como la espacial lo fueron.

En la Figura 12 se muestran los resultados del análisis de confianza estadística para los cuatro elementos y parámetros evaluados cuantitativamente. En general, la confianza estadística fue baja debido tanto a que los datos no cubrieron adecuadamente toda la superficie de la MRU como a que la cobertura temporal fue reducida. Independientemente del resultado de este análisis, se consideró que el número de registros de cada elemento o parámetro debería ser mayor a 24 (al menos un valor de concentración por época del año en todo el periodo) para poder realizar una evaluación concluyente.

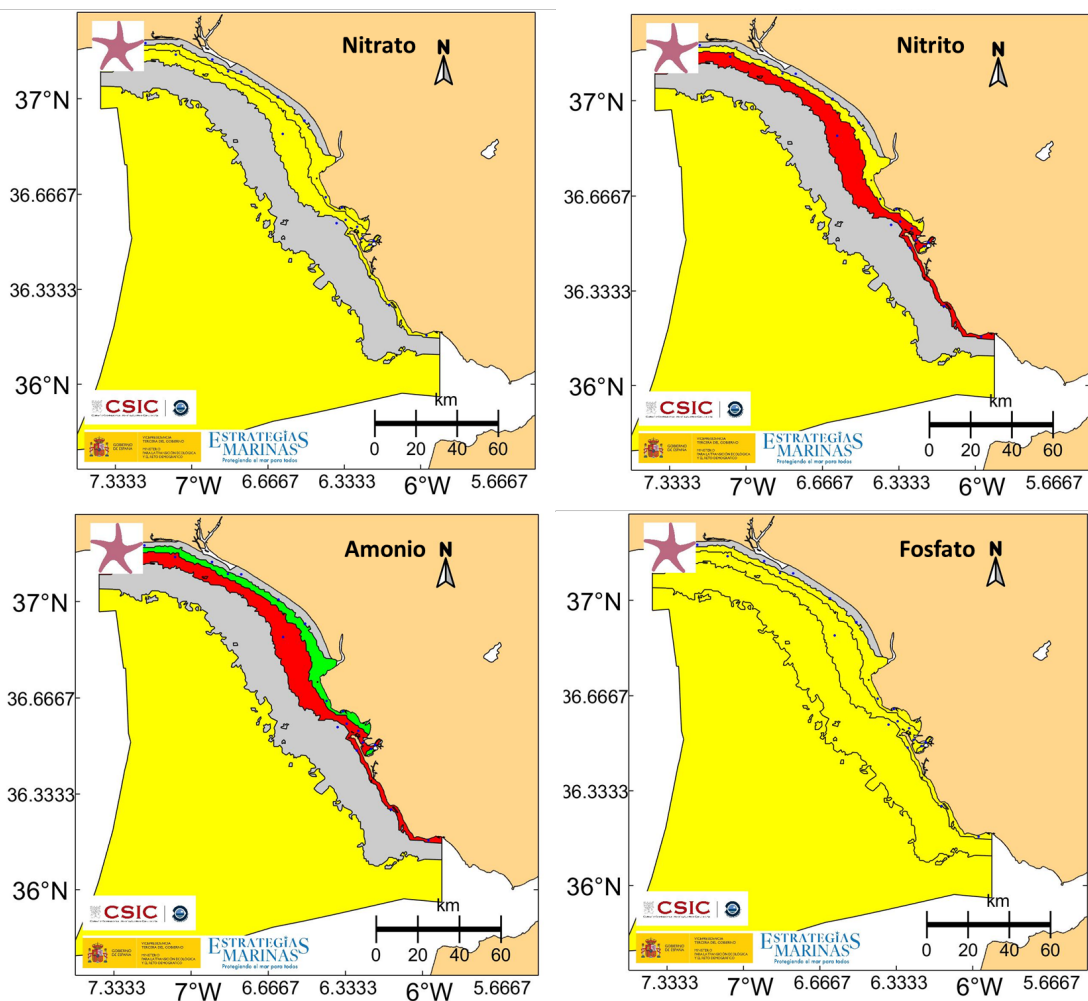


Figura 12. Confianza estadística de la evaluación. Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En rojo se indican MRUs para las que los datos tienen pobre representatividad espacial y/o temporal; en amarillo las MRUs en que la representatividad temporal y la espacial es al menos aceptable; en verde las MRUs para las que la representatividad es buena. En gris, MRUs donde no ha sido posible determinar la representatividad de los datos.

Valores umbral

Cada elemento o parámetro de NID y DIP ha sido evaluado independientemente de acuerdo con los VU mostrados en la Tabla 12. Los VUs para las MRUs que solapan en un porcentaje significativo con aguas de la DMA (más del 10 %) están basados en el umbral de estado bueno/moderado de la DMA recogidos en el Real Decreto 817/2015. Para el resto de MRUs se han utilizado los umbrales que se definieron en la primera evaluación inicial.



Tabla 12. Valores umbral (VU) utilizados para los elementos del criterio D5C1. Los VU para las MRUs SURC2, SURC1 y SURP2 están basados en los umbrales de estado ecológico bueno/moderado definidos en el RD 817/2015 ^(a). Para las otras dos MRUs se han utilizado los VU calculados en la primera evaluación inicial de la DMEM que están basados en la media de las concentraciones obtenidas hasta 2016 ^(b). Para algunos parámetros no se dispone de VU (-).

MRU	Nitrato (μM)	Nitrito (μM)	Amonio (μM)	DIP(μM)
SURC2	3,35 ^a	1,00 ^a	1,83 ^a	0,18 ^a
SURC1	6,13 ^a	0,65 ^a	3,89 ^a	0,65 ^a
SURP2	6,13 ^a	0,65 ^a	3,89 ^a	0,65 ^a
SURP1	3,4 ^b	-	-	0,6 ^b
SURO1	1,9 ^b	-	-	0,40 ^b

Valores obtenidos para el parámetro

Las características de las bases de datos obtenidas para los elementos y parámetros analizados se describen en las Figura 13 a Figura 16, donde se indica el número de registros disponibles agrupados por periodos, previo a 2010, 2010-2015 y 2016-2021. En 2016-2021, se cuenta en general con un mayor número de registros en SURC1 y SURP2.

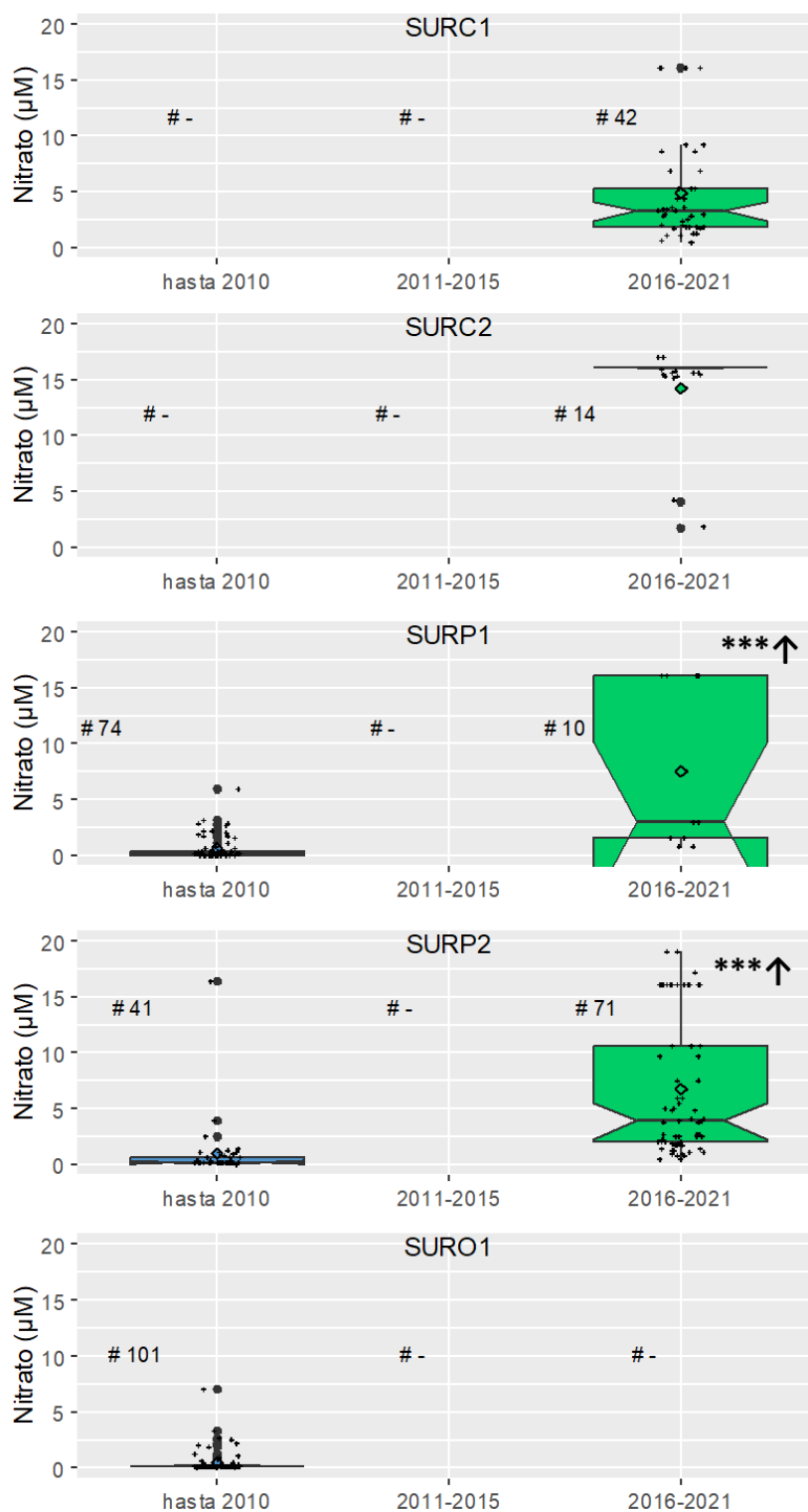


Figura 13. Distribución de concentraciones de nitrato para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$].

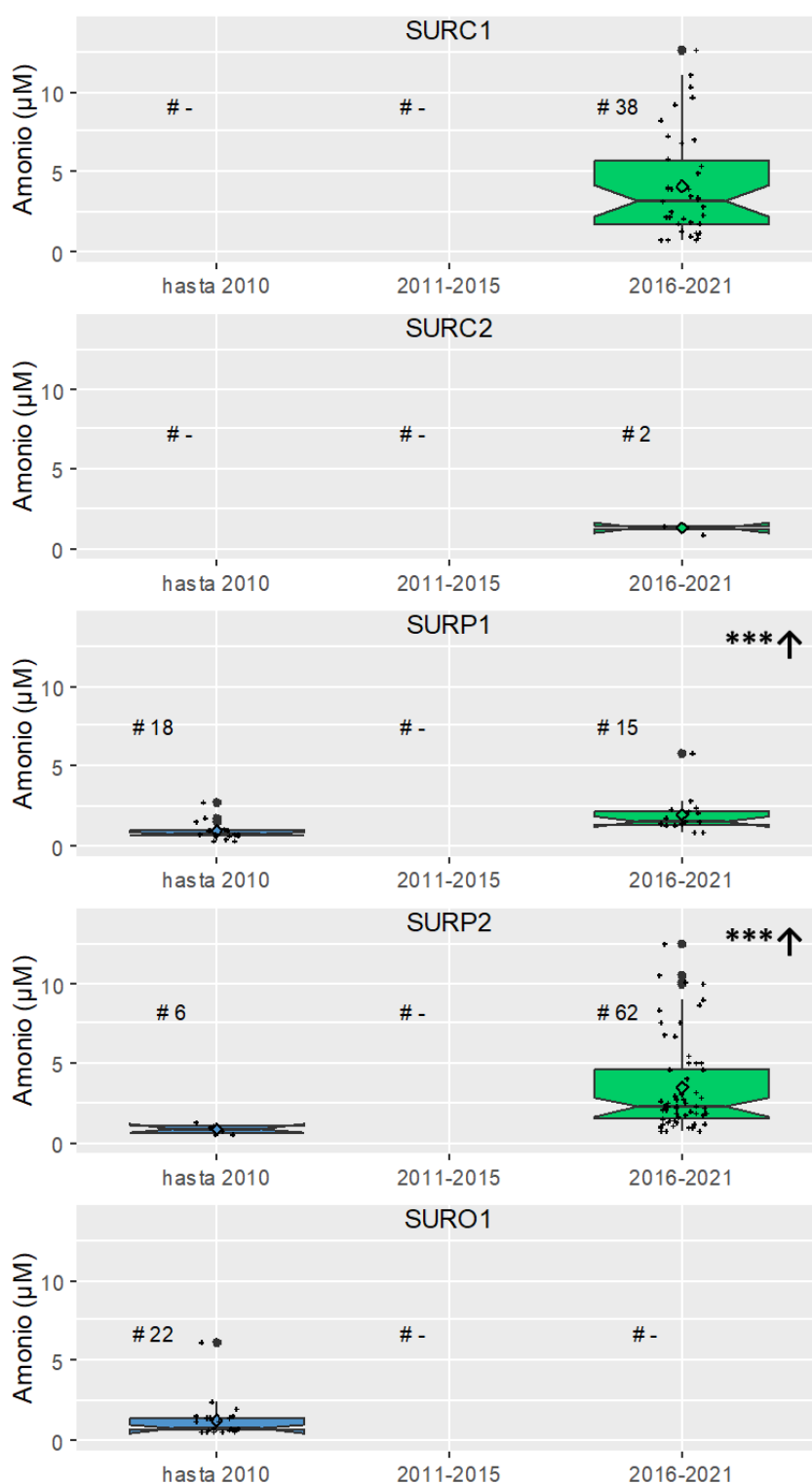


Figura 14. Distribución de concentraciones de amonio para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).

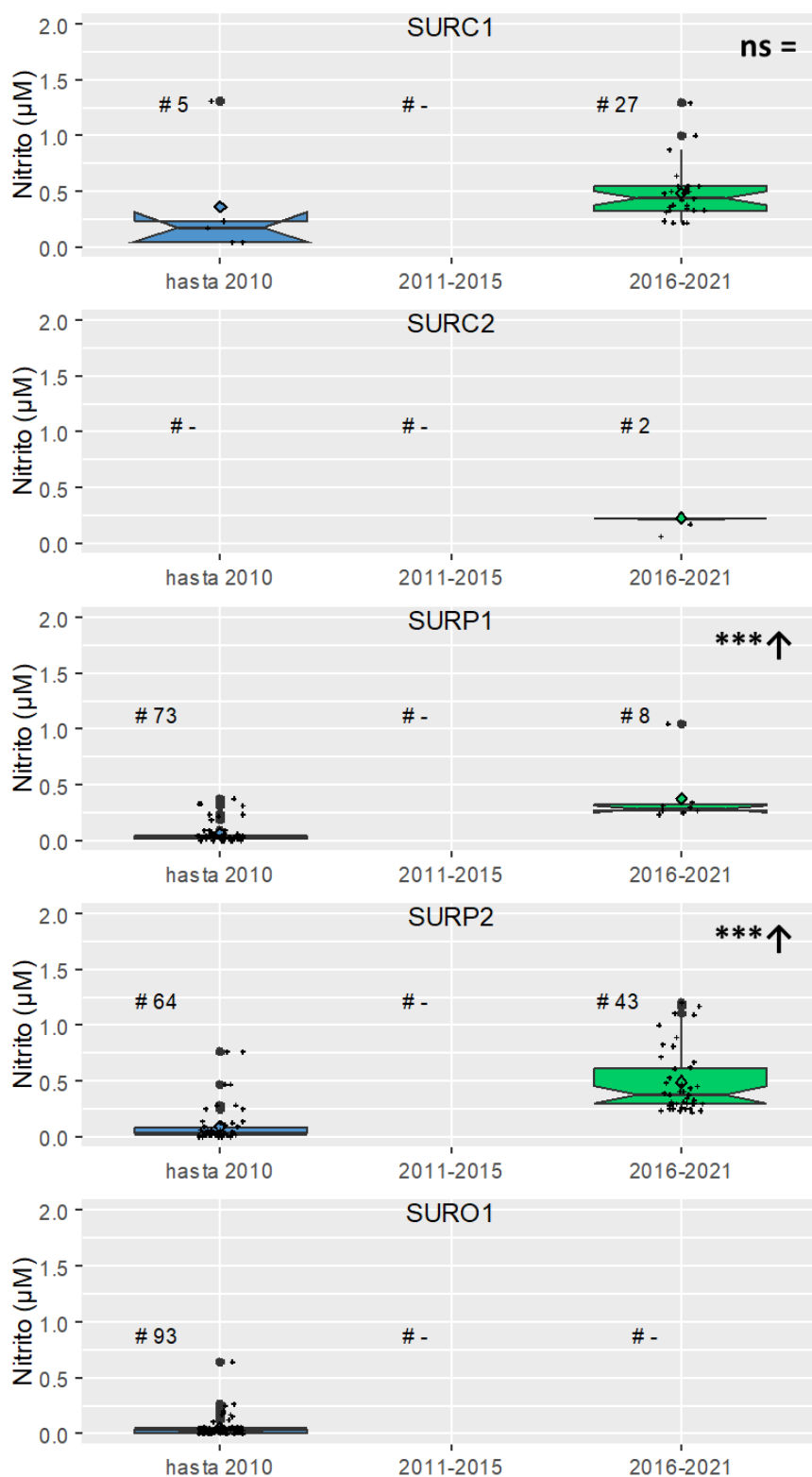


Figura 15. Distribución de concentraciones de nitrito en cada MRU para el periodo 2016-2021. Se representa la mediana de la serie temporal y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo.

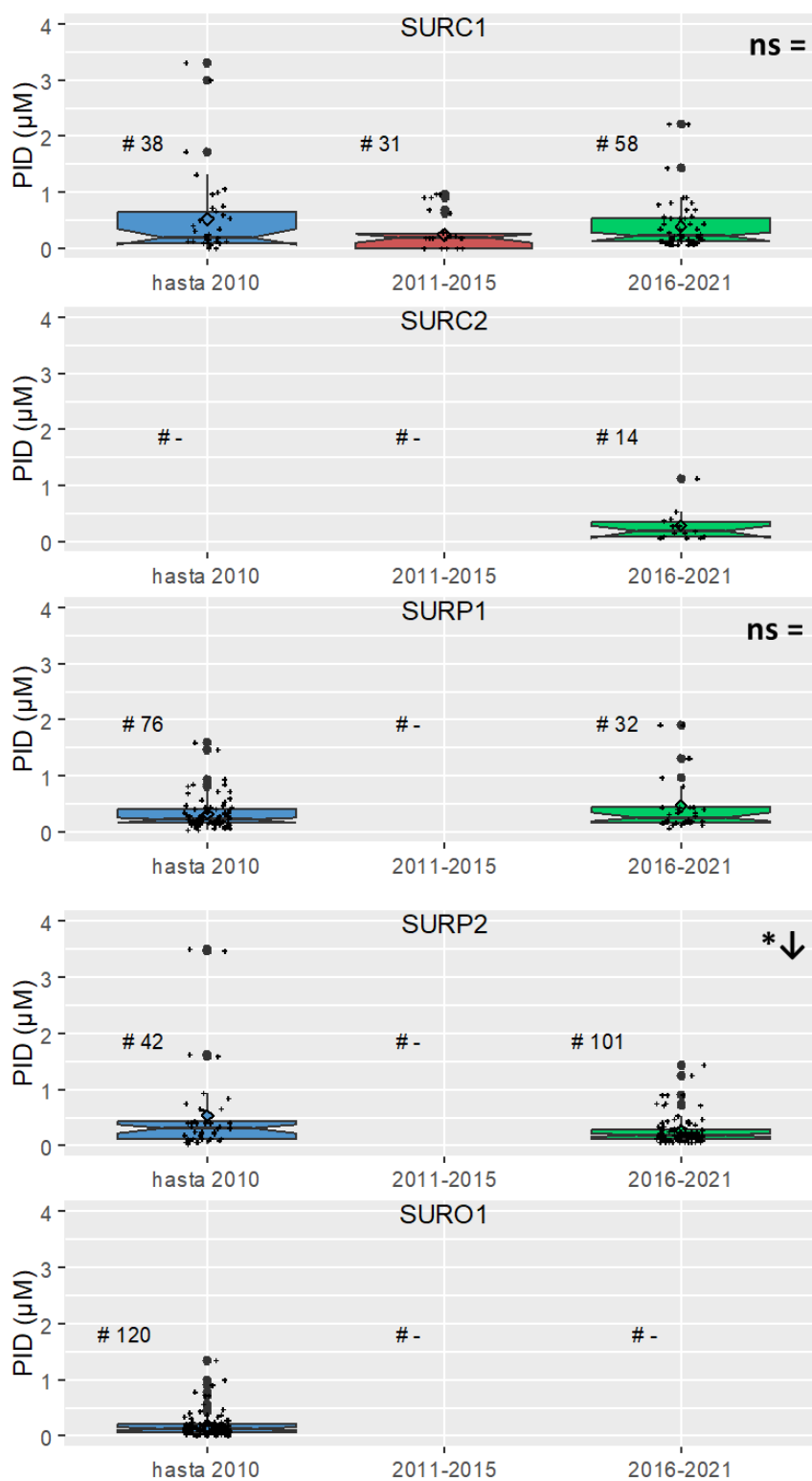


Figura 16. Distribución de concentraciones de DIP para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Las tendencias de cada indicador o parámetro se determinaron comparando la distribución de los registros obtenida en 2016-2021 con la obtenida previamente. Sólo se ha evaluado la tendencia para los elementos y parámetros en las MRUs para las que se dispone de al menos 24 registros en 2016-2021. Para realizar estas comparaciones se optó por aplicar el test de Kruskal-Wallis (KW) que es un estadístico no paramétrico, dado que este tipo de datos suele no ajustarse a una distribución normal. En primer lugar, se realizó el test para comparar las diferencias estadísticas entre los datos agrupados en tres periodos, antes de 2010 (incluido este año), 2011-2015 y 2016-2021. En los casos en los que el resultado del test fue significativo (a un nivel de probabilidad inferior a 0,05), se realizó el test de rangos de Wilcoxon con corrección por continuidad, que permite realizar comparaciones de los grupos dos a dos. El resultado de este test para la comparación entre 2011-2015 en los que ha sido posible realizarlos se muestra en las Figura 13 a Figura 16. Los test fueron realizados con R-Studio y las gráficas generadas con el paquete *ggplot* de R.

Evaluación a nivel regional/subregional

En el *Quality Status Report 2023* este criterio no fue evaluado en la DMSUD debido a que no se dispuso de datos para realizar los análisis necesarios.



5.2. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C2

Consecución del BEA

Tabla 13. Resultados de la evaluación del criterio D5C2 en la DMSUD.

Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización)	90 %
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	100 %
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Área de evaluación

Todas las MRUs de la demarcación.

Parámetros utilizados

Concentración de clorofila *a* procedente de análisis realizados con muestras recogidas *in situ*.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Los resultados de la evaluación del criterio se resumen en la Tabla 14 y Figura 20. La evaluación del criterio D5C2 para SURC2 y SURO1 no fue concluyente debido a que los datos recopilados son escasos. En SURC1, SURP2 y SURP1 las concentraciones de clorofila no excedieron los correspondientes VU. En estas tres MRU se encontraron además concentraciones de clorofila menores en 2016-2021 que en los periodos anteriores.

Tabla 14. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C2.

Estado del parámetro: ■ MRU sin exceso de concentración; ■ MRU con exceso de concentración; ■ Desconocido (evaluación no determinante por falta de datos); ■ No evaluado; ↑ Tendencia creciente; ↓ Tendencia decreciente; ¿? Tendencia desconocida

Criterio	Elemento	Estado				
		SURC2	SURC1	SURP2	SURP1	SURO1
D5C2	Chla	■	↓	↓	↓	■
Integ		■	BEA	BEA	BEA	■



Tabla 15. Comparación de los resultados de la evaluación del criterio D5C2 en las tres evaluaciones.

■ MRU sin exceso de concentración; ■ MRU con exceso de concentración; ■ Evaluación no concluyente. ■ No evaluado.

	Clorofila		
	1EI	2EI	3EI
SURC2	■	■	■
SURC1	■	■	■
SURP2	■	■	■
SURP1	■	■	■
SURO1	■	■	■

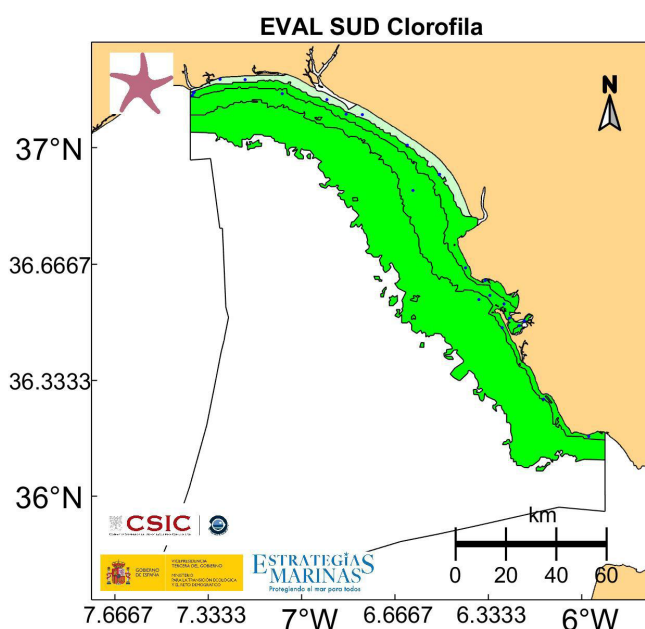


Figura 17. Resultados de la evaluación de la clorofila a. En verde se indican las MRUs para las cuales se ha obtenido un EQR mayor de 1 considerado BEA. En blanco las MRUs para las que la evaluación no es concluyente.

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La metodología de evaluación para este criterio es similar a la descrita para el criterio D5C1 salvo algunas diferencias en relación con la métrica utilizada en la determinación del BEA que se explican a continuación.

1. Fuente de datos: En la Figura 18 se muestra el porcentaje de registros de los diferentes elementos y parámetros que proceden de los programas de seguimiento de la DMA y los obtenidos del WISE. Los datos de la DMA proceden en su mayoría de muestras recogidas en superficie y fueron analizadas conforme a las recomendaciones metodológicas recogidas en el Real Decreto 817/2015.



2. Evaluación: Para la evaluación de la clorofila se ha calculado el percentil 90 de la serie temporal completa obtenida en 2016-2021. El EQR se calculó dividiendo el VU por el percentil 90. Valores de EQR mayores de 1 fueron considerados indicativos de BEA. Aplicando este método se obtuvo que todas las MRUs se encuentran en BEA para el criterio D5C2.

3. Confianza estadística de la evaluación: El procedimiento utilizado para analizar la confianza estadística de la evaluación de la clorofila es similar al descrito anteriormente para los elementos del criterio D5C1. De acuerdo con los resultados del mismo (Figura 19), la confianza estadística fue alta o aceptable en SURC1, SURP2 y SURP1 pero fue pobre en SURC2 y SURO1.

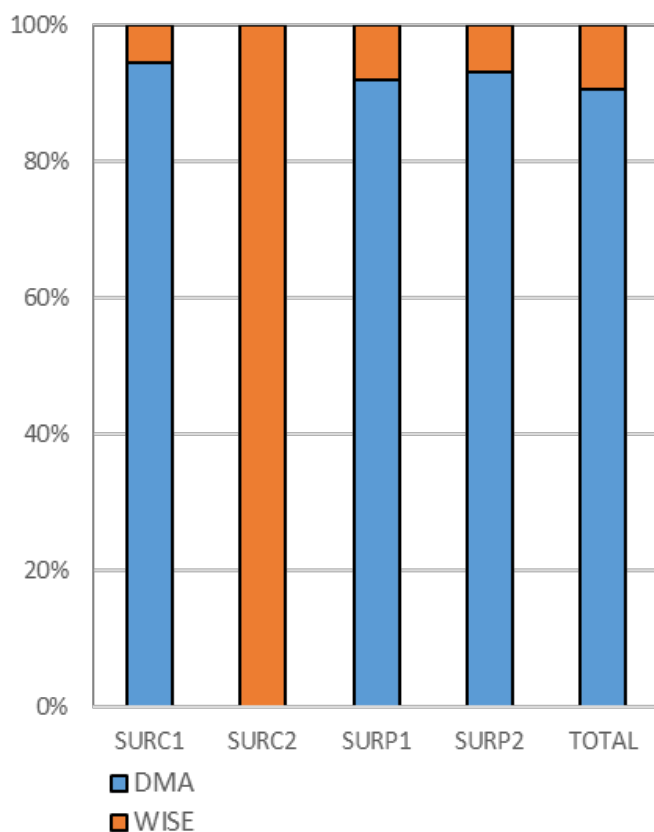


Figura 18. Porcentaje de registros procedentes del programa de seguimiento de la DMA y de Wise utilizados en la tercera evaluación para el período 2016-2021. El número total de registros disponible en cada MRU se indica en la Figura 20.

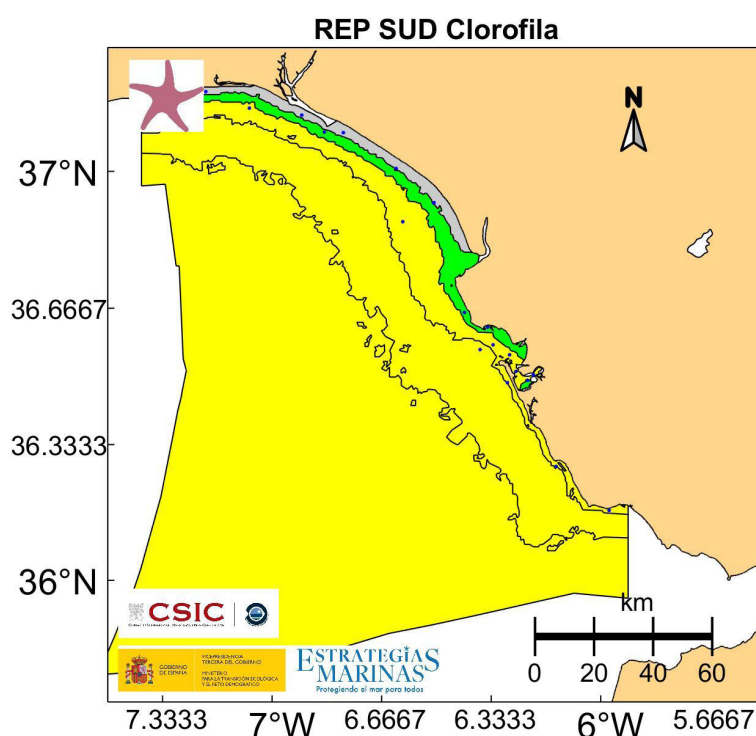


Figura 19. Representatividad de los datos de clorofila recopilados para el periodo de evaluación (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En amarillo las MRUs en que la representatividad temporal y la espacial es la menos aceptable; en verde las MRUs para las que la representatividad es alta.

Valores umbral

Como se ha explicado para los elementos del D5C1, los VU del criterio D5C2 para las MRUs que solapan en un porcentaje significativo con aguas de la DMA (más del 1 %) están basados en el umbral de estado bueno/moderado de la DMA recogidos en el Real Decreto 817/2015. Para el resto de MRUs se han utilizado los umbrales que se definieron en la primera evaluación inicial, que estuvieron basados en el percentil 90 de la serie temporal de clorofila superficial *in situ* (la obtenida de 0 a 20 m de profundidad) que incluyó registros hasta 2010 (ver documento IV [Evaluación Inicial y buen estado ambiental](#) de la primera evaluación inicial para un análisis detallado de la base de datos utilizada para el cálculo de estos VU).

Tabla 16. Valores umbral (VU) utilizados para la determinación del estado ambiental respecto a la clorofila *a*. Los VU para SURC2, SURC1 y SURP2 están basados en los umbrales de estado ecológico bueno/moderado definidos en el RD 817/2015 ^(a). Para SURP1 Y SURO1 se han utilizado los VU calculados en la primera evaluación inicial de la DMEM ^(b).

MRU	SURC2	SURC1	SURP2	SURP1	SURO1
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	10,0 ^a	10,0 ^a	10,0 ^a	3,4 ^b	0,4 ^b



Valores obtenidos para el parámetro

Las características de las bases de datos de clorofila se describen en la Figura 20, donde se indica el número de registros disponibles agrupados por periodos: previo a 2010, 2011-2015 y 2016-2021.

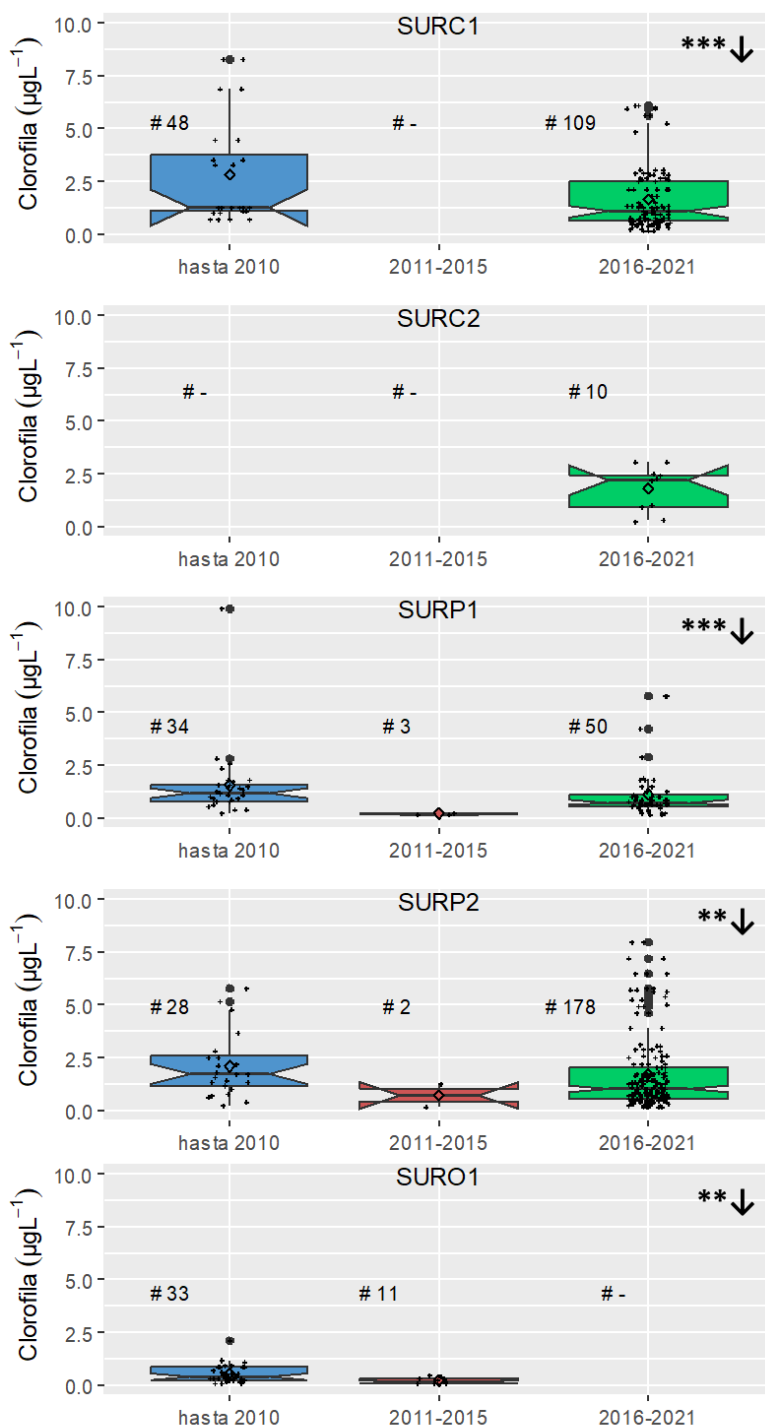


Figura 20. Distribución de concentraciones de clorofila para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo. Se muestra el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con los periodos previos [ns: diferencias no significativas; *: diferencias significativas a $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$]. Las flechas hacia arriba o hacia abajo indican si la concentración fue mayor o menor en 2016-2021 (= no hubo diferencias).



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

La tendencia de la clorofila en cada MRU se determinó comparando la distribución de los registros obtenida en 2016-2021 con la obtenida en periodos anteriores. La tendencia no pudo ser calculada en SURC2 debido a que no se contó con datos adecuados en este último periodo. En SURC1, SURP1 y SURP2 las concentraciones medias en 2016-2021 fueron menores al promedio de las concentraciones obtenidas en periodos previos.

Evaluación a nivel regional/subregional

La concentración de clorofila fue evaluada en toda la demarcación en el [QSR2003](#), que cubrió el periodo 2015-2019. Como en esta tercera evaluación inicial, la evaluación estuvo basada en el percentil 90 de la clorofila y los umbrales utilizados son similares a los descritos en la sección previa. Sin embargo, el parámetro utilizado fue la concentración de clorofila de satélite, que puede diferir respecto a los datos de concentración que provienen de análisis de muestras recogidas *in situ*. No obstante, todas las MRUs presentaron EQRs para la clorofila entre 0,8 y 1,0, lo que indica que no se detectan efectos directos del enriquecimiento en nutrientes. El resultado de la tercera evaluación inicial es por tanto coincidente con el del QSR2023.



5.3. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C3

Consecución del BEA

Tabla 17. Resultados del criterio D5C3 en la DMSUD.

Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización)	90 %
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	100 %
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Área de evaluación

Todas las MRUs de la demarcación que incluyen una proporción significativa de aguas costeras (SURC2, SURC1, SURP2).

Parámetros utilizados

Frecuencia de aparición y abundancia de géneros que incluyen especies potencialmente productoras de toxinas en la demarcación. Frecuencia de *blooms* de dinoflagelados y diatomeas.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Siguiendo la Decisión 2017/848/UE, el análisis se ha centrado en la evaluación de las variaciones en la abundancia y/o presencia de especies productoras de toxinas que se han reportado en la DMSUD. Se ha dispuesto de datos adecuados para la evaluación en las MRUs que incluyen aguas costeras (SURC2, SURC1 y SURP2), en las que se ha evaluado la frecuencia de aparición y la abundancia de la diatomea *Pseudo-nitzschia* y los dinoflagelados *Gymnodinium* y *Dinophysis*, que incluyen especies productoras de las toxinas ASP (toxina amnésica), DSP (toxina diarreica) y PSP (toxina paralizante). Adicionalmente, se ha analizado la frecuencia de *blooms* de dinoflagelados y diatomeas. No se ha detectado un aumento significativo de la frecuencia ni abundancia de ninguno de los tres géneros analizados; más bien al contrario, en algunas MRU la abundancia media ha disminuido, al igual que ocurre con dinoflagelados y diatomeas. Por tanto, se considera que el D5C3 se encuentra en BEA (Tabla 18).



Tabla 18. Resultados de la evaluación de cada parámetro del criterio D5C3.

Estado del parámetro: "f" y "a" indican el resultado del análisis de las tendencias de la frecuencia y abundancia, respectivamente. ■ No evaluado; = indica que el parámetro en 2016-2021 no difirió significativamente respecto a 2011-20215. ↓ existe una tendencia a la disminución de la abundancia. Integ. muestra el resultado de la evaluación integrada de los parámetros, considerando que se alcanza el BEA cuando no existe tendencia positiva para ninguno de los parámetros.

D5C3	Parámetro	MRU							
		SURC2		SURC1		SURP2		SURP1	SURO1
	<i>Pseudo-nitzschia</i>	f=	a↓	f=	a=	f=	a=		
	<i>Gymnodinium</i>	f=	a↓	f=		f=	a=		
	<i>Dinophysis</i>	f=	a↓	f=	a=	f=	a=		
	Dinoflagelados	f=		f=		f=			
	Diatomeas	f=		f=		f=			
Integ		BEA		BEA		BEA			

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

Según la información disponible sobre las zonas de producción de moluscos de Andalucía, accesible a través de la página web de la Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía, las tres toxinas que más frecuentemente aparecen en la DMSUD son ASP (toxina amnésica), DSP (toxina diarreica) y PSP (toxina paralizante). En la Tabla 19 se muestran las especies y/o géneros que las producen.

Tabla 19. Especies productoras de toxinas cuya presencia es analizada rutinariamente en las zonas de producción de moluscos de la DMSUD.

Especie	<i>Pseudo-nitzschia</i>	<i>Dinophysis acta</i> <i>D. fortii</i> <i>D. sacculus</i> <i>D. grupo acuminata</i>	<i>Gymnodinium catenatum</i>
Toxina	ASP	DSP	PSP

1. Fuentes de datos: La evaluación se ha llevado a cabo con los datos de fitoplancton tóxico recopilados desde el programa de seguimiento de las zonas de producción de moluscos de la Junta de Andalucía. Se han recopilado los datos de abundancia de las especies indicadas en la Figura 19 agrupadas en géneros para el periodo 2010 hasta 2019 procedentes de 24 zonas de producción. Estos datos incluyen también el recuento total de diatomeas y dinoflagelados, que se han analizado como parámetros adicionales para determinar si existe alguna tendencia significativa en la frecuencia de blooms producidos por especies de ambos grupos. Cada una de las zonas de producción de moluscos se ha asignado a la MRU más cercana, resultando agrupadas entre las tres MRU costeras, SURC2, SURC1 y SURP2. El número de muestras de las que se ha dispuesto información por periodo evaluado agrupadas por MRU se indica en la Figura 21.

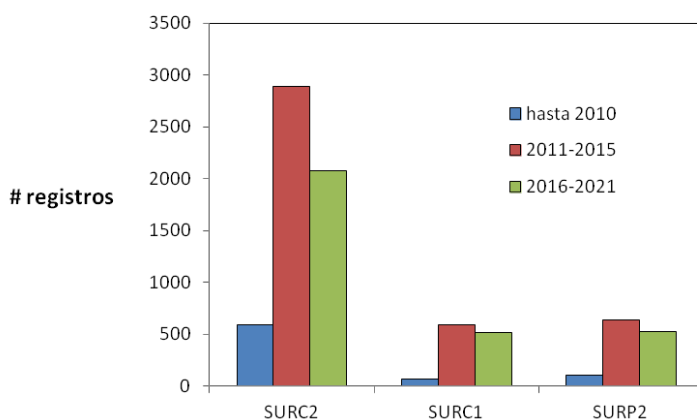


Figura 21. Número de registros obtenidos para las MRUs en las que están incluidas las zonas de producción de moluscos que se analizan en la DMSUD.

2. Evaluación: Se ha determinado si la frecuencia de aparición y abundancia de los tres géneros que incluyen especies potencialmente productoras de toxinas ha aumentado en el periodo 2016-2021 con respecto al periodo 2011-2015. Los cambios en la frecuencia de aparición en las tres MRUs se han calculado a partir de los promedios de la frecuencia de aparición en las zonas de extracción de moluscos asignadas a la respectiva MRU. Para la comparación de la abundancia, se ha considerado la distribución de los valores de abundancia en las muestras en la que aparece cada género, agregados para cada MRU. Por otro lado, se ha calculado la frecuencia de *blooms* de dinoflagelados y diatomeas analizando el número de muestras en que la abundancia de las células de cada grupo sobrepasó la abundancia media más dos veces la desviación estándar del conjunto total de datos. Las distribuciones de frecuencias y abundancias obtenidas en cada periodo considerado han sido comparadas con el test de Kruskal-Wallis (KW) seguido de tests de rangos de Wilcoxon con corrección por continuidad. Para cada género, se considera que existe una tendencia creciente cuando la frecuencia de aparición y la abundancia aumentan en 2016-2021 en comparación con 2011-2015. Se considera que el criterio se encuentra en BEA si la tendencia es estable para los tres géneros y la frecuencia de blooms de diatomeas y dinoflagelados no ha aumentado significativamente.

Valores obtenidos para el parámetro

En las Figura 22 a Figura 27 se muestran los resultados de los análisis de tendencias en la frecuencia de aparición y abundancia de los tres géneros que incluyen especies productoras de toxinas. La frecuencia de aparición de células del género *Pseudo-nitzschia* fue muy reducida en SURC1. En ninguna de las tres MRUs se encontraron diferencias significativas en la frecuencia de aparición de este género; sin embargo, su abundancia fue significativamente menor en SURC2 durante 2016-2021 (Figura 22). La frecuencia de aparición de *Gymnodinium* y *Dinophysis* (Figura 23 y Figura 24) fue notablemente menor a la de *Pseudo-nitzschia*; particularmente en SURC1, la presencia de ambos géneros es muy infrecuente durante todo el periodo analizado. En SURC2 la abundancia de los tres géneros en las muestras en las que aparecen tendió a disminuir en 2016-2021. En SURP2, la abundancia media no difirió significativamente en el periodo evaluado respecto a periodos previos, a pesar de que en promedio las abundancias obtenidas fueron similares a las encontradas en SURC2. La frecuencia de blooms de dinoflagelados y diatomeas (Figura 27 y 28) fue menor al 5 % en las tres MRUs analizadas y no se detectaron tendencias de cambio significativas en 2016-2021.



Evaluación a nivel regional/subregional

Este indicador no fue evaluado en el *Quality Status Report 2023*, por tanto, no se cuenta con una evaluación regional del criterio D5C3.

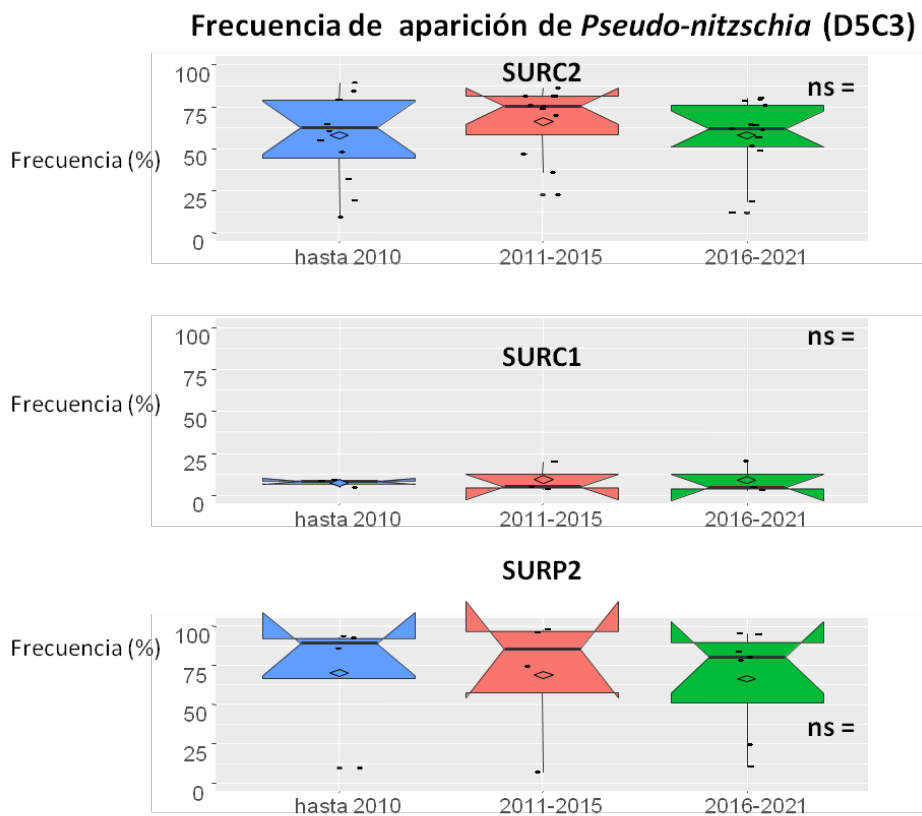


Figura 22. Frecuencia de aparición de células del género *Pseudo-nitzschia* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMSUD. Se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas].

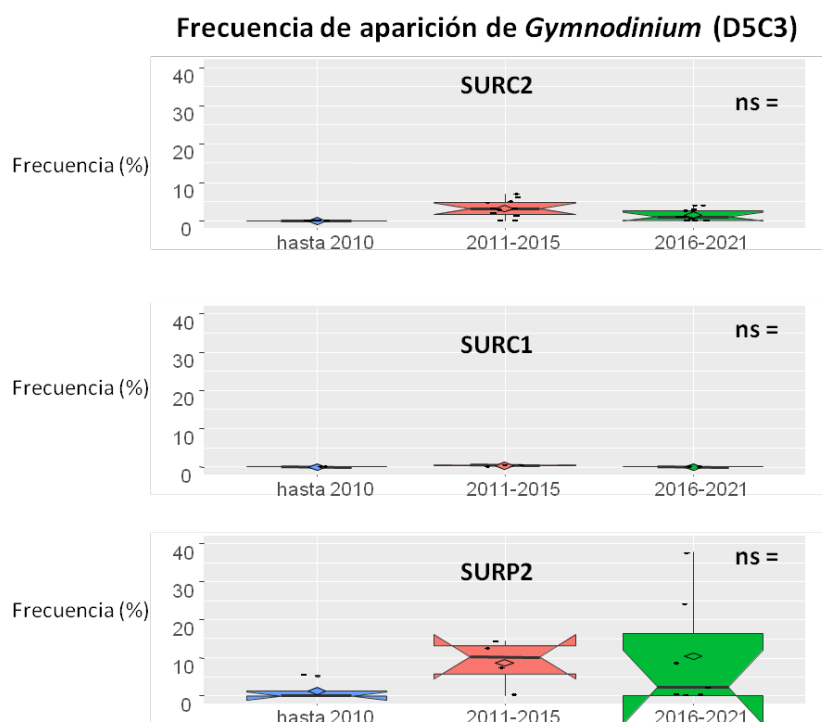


Figura 23. Frecuencia de aparición de células del género *Gymnodinium* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMSUD. Se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas].

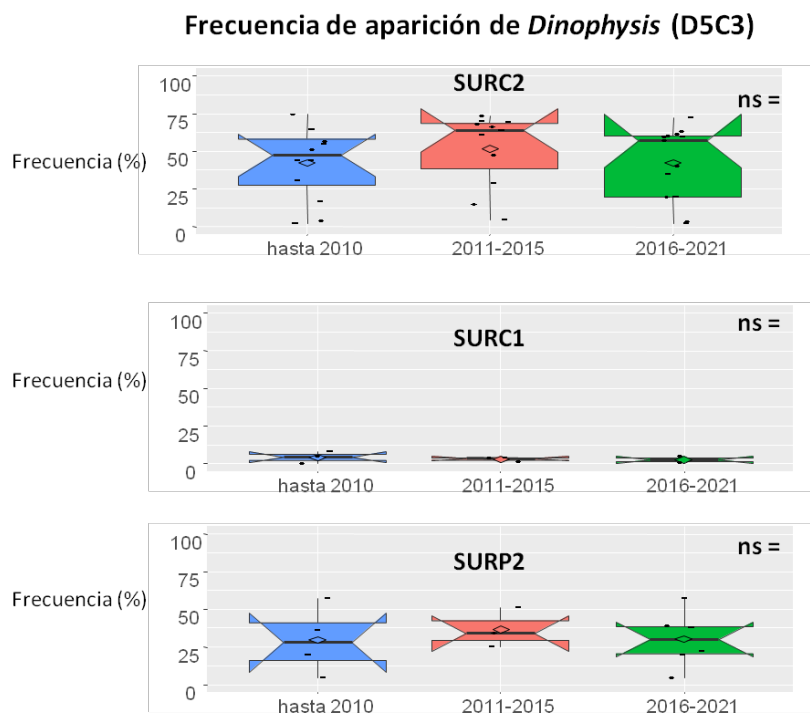


Figura 24. Frecuencia de aparición de células del género *Dinophysis* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMSUD. Se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas].



Abundancia de *Pseudo-nitzschia* (D5C3)

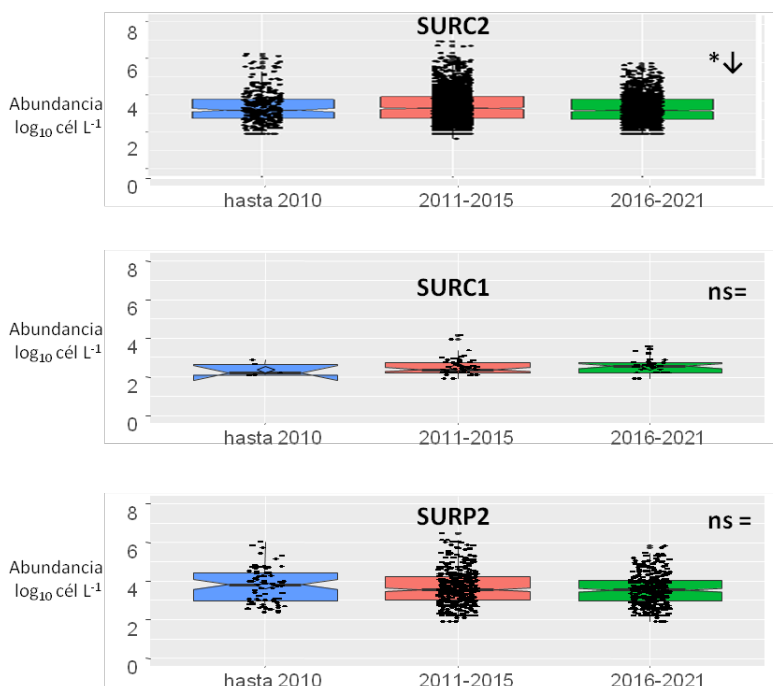


Figura 25. Abundancia de células del género *Pseudo-nitzschia* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMSUD. Se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas].

Abundancia de *Gymnodinium* (D5C3)

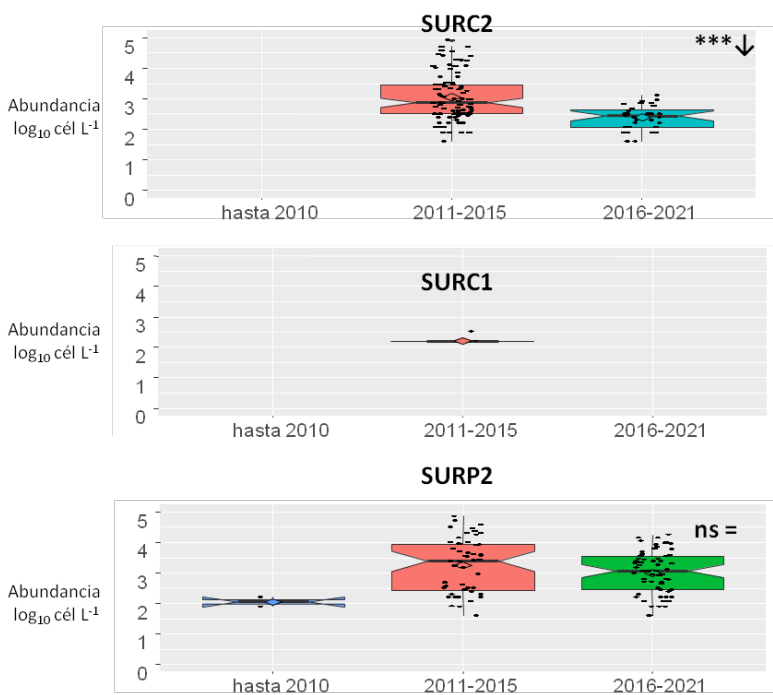


Figura 26. Abundancia de células del género *Gymnodinium* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMSUD. Se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas].



Abundancia de *Dinophysis* (D5C3)

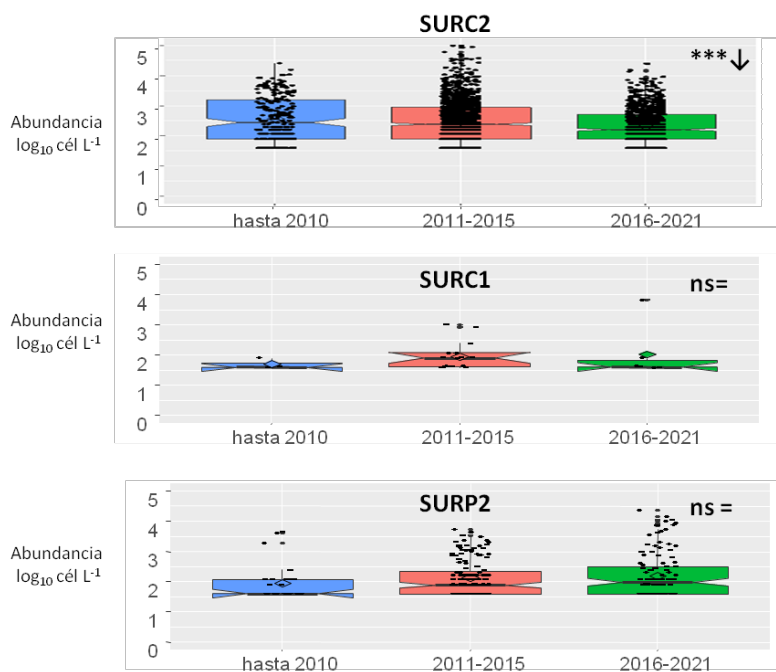


Figura 27. Abundancia de células del género *Dinophysis* en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DM-SUD. Se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas; la flecha hacia abajo indica tendencia decreciente].

Frecuencia de blooms de dinoflagelados (D5C3)

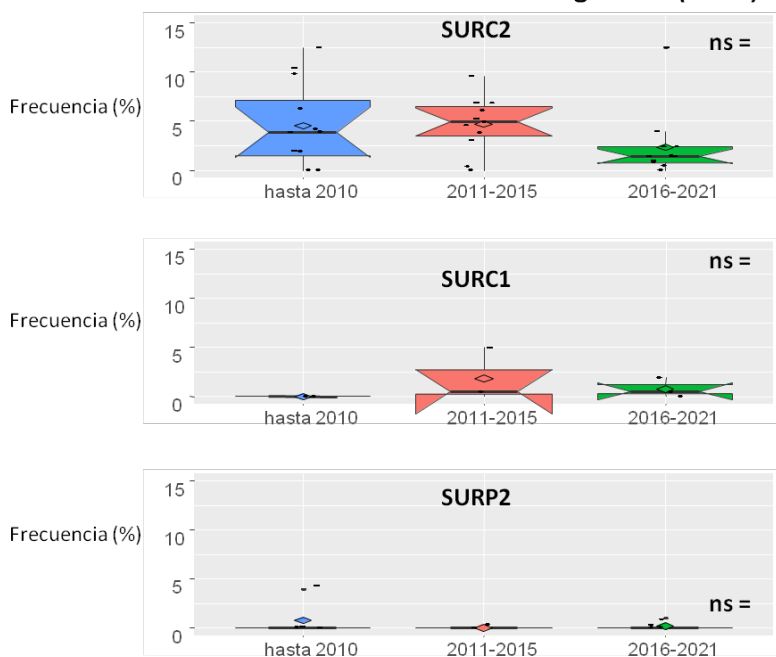


Figura 28. Frecuencia de blooms de dinoflagelados en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMSUD. Se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas].

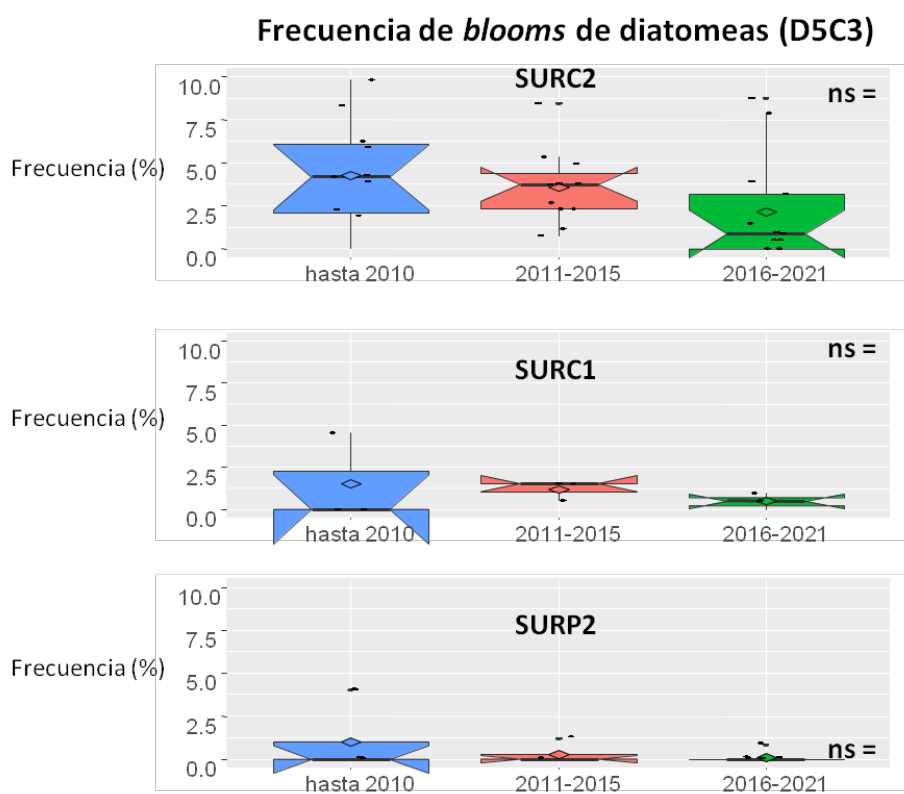


Figura 29. Frecuencia de blooms de diatomeas en las zonas de producción de moluscos incluidas en las MRUs costeras de la DMSUD. Se muestra también el resultado de la comparación estadística del periodo de evaluación (2016-2021) con el periodo anterior (2011-2015) [ns: diferencias no significativas].



5.4. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C4

Consecución del BEA

Tabla 20. Resultados de la evaluación del criterio D5C4 en la DMSUD.

Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización)	90 %
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	100 %
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Área de evaluación

SURP2, SURP1 y SURC1.

Parámetros utilizados

Límite fótico estimado a partir de la profundidad del disco de Secchi.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En la Tabla 21 se resumen los resultados de la evaluación de este criterio, que no ha podido ser evaluado en SURC2 y SURO1 por falta de datos. El límite fótico fue en promedio muy reducido en las tres MRUs, de hecho, ninguno de los registros analizados sobrepasó los 15 m, que es una profundidad muy inferior al límite máximo de profundidad de las comunidades de macrófitos (situado teóricamente a unos 40 m). Este resultado indica que la transparencia en la DMSUD es potencialmente un factor limitante para el desarrollo de las comunidades bentónicas.

Tabla 21. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C4.

Estado del parámetro: ■ Alta probabilidad de que el límite fótico restrinja el límite de distribución de profundidad de las comunidades de macrófitos.

Criterio	Elemento	Estado				
D5C4	Parámetro	SURC2	SURC1	SURP2	SURP1	SURO1
	Límite fótico (LF)		No BEA	No BEA	No BEA	

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

1. Fuente de datos: Para la evaluación del indicador se utilizaron los valores de visibilidad del disco de Secchi del programa de seguimiento de la DMA. La profundidad del disco de Secchi (D_{SD}) no es en sí una medida del límite fótico (D_{EU}), aunque en general se considera que existe la siguiente relación lineal entre ambos parámetros (Goluvkob y Golubkob, 2024).

$$D_{EU}/D_{SD} = 2,4$$



Una vez recopilados, cada registro fue asignado a una MRU en función de la localización de la estación en la que se originaron.

2. Evaluación: El BEA respecto a este criterio se ha determinado tratando de evaluar el posible impacto de la reducción de la transparencia sobre las comunidades bentónicas que requieren luz para su crecimiento. Para evaluar este efecto, se ha estimado la media de la profundidad de la zona eufótica (límite fótico) en cada MRU. La comparación de este valor con la profundidad máxima de distribución de las comunidades de macrófitos en la DMSUD, que se estima en 40 m, permitirá determinar si la transparencia podría al menos potencialmente limitar el crecimiento de las comunidades bentónicas.

3. Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro: Puesto que sólo se dispone de datos de 2016-2021, no es posible evaluar la tendencia de este indicador.

4. Confianza estadística de la evaluación: El procedimiento utilizado para analizar la confianza estadística de la evaluación de la transparencia es similar al descrito anteriormente para los elementos del criterio D5C1. De acuerdo con los resultados de éste, la confianza estadística fue aceptable en las tres MRUs en las que se ha analizado el indicador.

Valores umbral

Como se ha comentado anteriormente, no existe un valor umbral definido para la determinación del estado ambiental respecto a este criterio, que por otro lado no es tampoco uno de los indicadores utilizados en la evaluación del estado ecológico de la DMA.

Valores obtenidos para el parámetro

La media del límite fótico calculada para el periodo 2016-2021 en las tres MRUs se muestra en la Figura 30. La transparencia es menor en SURC1 y SURP2, donde el límite fótico se sitúa en promedio entre 5-6 m de profundidad. El límite fótico es algo más profundo en SURP1, pero no llega en todo caso a 20 m.

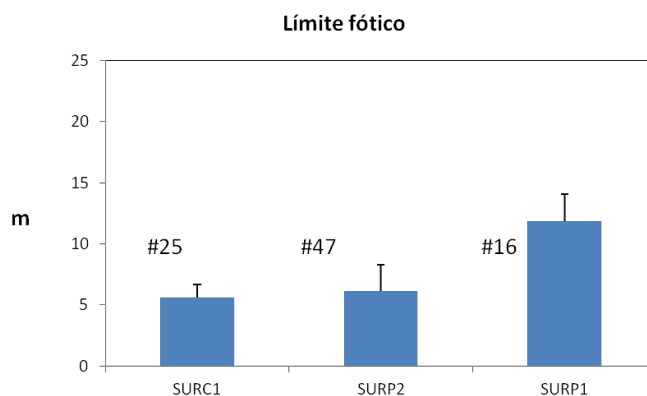


Figura 30. Promedio del límite fótico calculado para SURC1, SURP2 y SURP1 en el periodo 2016-2021. Las barras verticales indican la desviación estándar.

Evaluación a nivel regional/subregional

Este indicador no fue evaluado en el QSR2023, por tanto, no se cuenta con una evaluación regional del criterio D5C4.



5.5. Evaluación general a nivel de demarcación del criterio D5C5

Consecución del BEA

Tabla 22. Resultados de la evaluación del D5C5 en la DMSUD.

Valor umbral para la consecución del BEA: proporción del área de la demarcación que está en BEA (que no presenta eutrofización)	90 %
Proporción de área en buen estado en el tercer ciclo	100 %
Resultado de la evaluación	Se alcanza el BEA en 2024
Periodo de evaluación	2016-2021

Área de evaluación

SURPC2, SURC1, SURP2

Parámetros utilizados

Concentración de oxígeno en la columna de agua.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Las concentraciones de oxígeno en todas las MRUs se encontraron en promedio por encima de los valores umbral, por tanto, se concluye que este criterio se encuentra en BEA en toda la DMSUD (Tabla 23, Figura 31).

Tabla 23. Resultados de la evaluación de cada elemento del criterio D5C5.

Estado del parámetro: ■ Sin evidencia de déficit de oxígeno.; ■ Desconocido (Evaluación no concluyente); ■ No evaluado

Criterio	Elemento	Estado				
		SURP1	SURP2	SURC1	SURC2	SUROCEAN
D5C4	Concentración de oxígeno	■	■	■ BEA	■ BEA	■

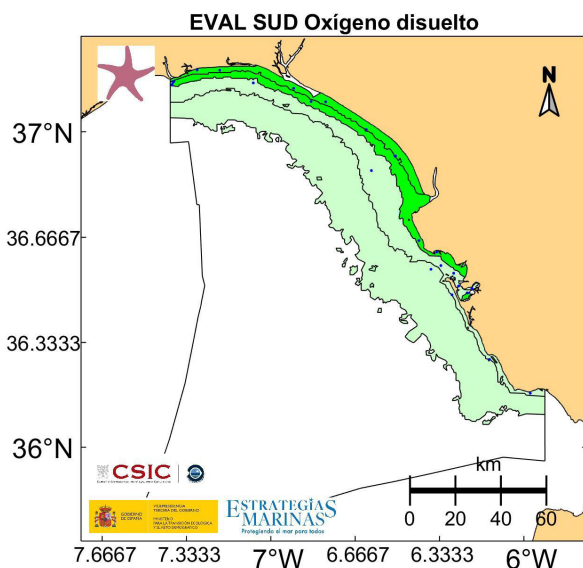


Figura 31. Resultados de la evaluación de la concentración de oxígeno. En verde se indican las MRUs para las cuales se ha obtenido un EQR mayor de 1 considerado BEA.

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

1. Fuente de datos: Para la evaluación del indicador se utilizaron los valores de concentración de oxígeno en la columna de agua generados en el programa de seguimiento de la DMA, complementados en SURC1 con los recogidos en WISE

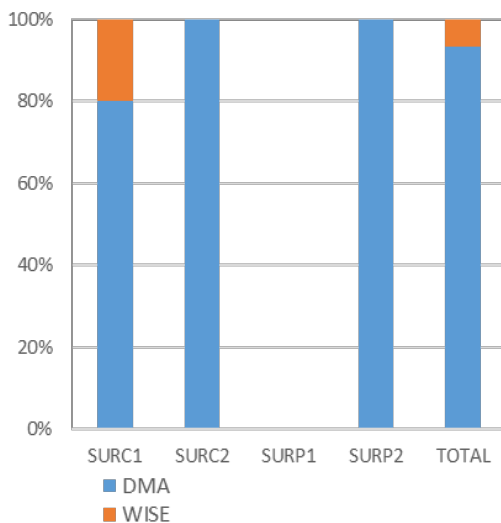


Figura 32. Porcentaje de registros de oxígeno procedentes del programa de seguimiento de la DMA y recopilados de WISE.

2. Evaluación: Los datos fueron agregados para obtener una serie temporal en cada MRU. Se determinó el percentil 10 de la serie temporal de datos del periodo 2016-2021 en cada MRU. El EQR se calculó dividiendo el percentil 10 por el VU. Valores de EQR mayores de 1 fueron considerados indicativos de BEA. Aplicando este método se obtuvo que todas las MRUs se encuentran en BEA para el criterio D5C5 (Figura 31).



3. Confianza estadística de la evaluación: El procedimiento utilizado para analizar la confianza estadística de la concentración de oxígeno es similar al descrito anteriormente para los elementos del criterio D5C1. De acuerdo con los resultados de éste (Figura 33), la confianza estadística fue alta en ALBC1 y ALBP2; para las otras MRU fue pobre debido principalmente a que los datos no cubrieron adecuadamente toda la superficie de la MRU.

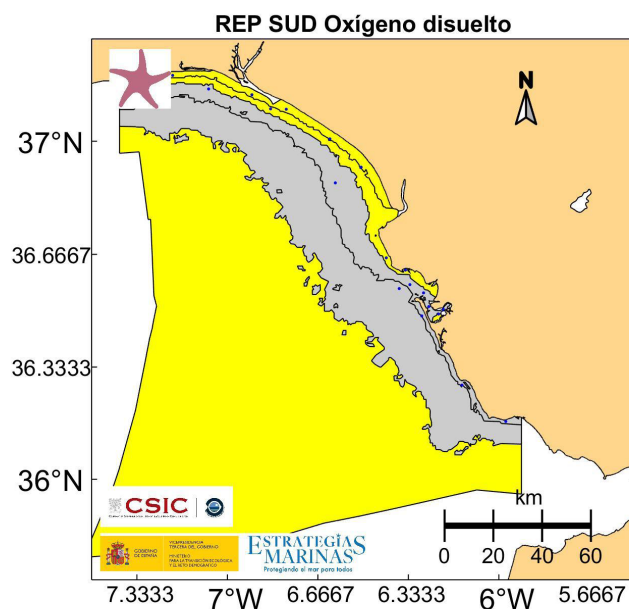


Figura 33. Representatividad de los datos recopilados para el periodo de evaluación (2016-2021). Las líneas negras indican los contornos de las diferentes MRUs. En rojo se indican MRUs para las que los datos tienen baja representatividad espacial y/o temporal; en amarillo las MRUs en que la representatividad temporal o la espacial es aceptable; en verde las MRUs para las que la representativa es buena.

Valores umbral

En general, en la literatura científica se establece el umbral de 6 mg L^{-1} como el límite de concentración por debajo del cual se pueden manifestar efectos negativos del déficit de oxígeno sobre la fauna bentónica. En la memoria del plan hidrológico de la DHGB se especifica que el límite bueno/moderado respecto a este indicador se alcanza cuando el percentil 10 de los valores de oxígeno para el área de evaluación es mayor a 5 mg L^{-1} (debe notarse que en la memoria del plan hidrológico de la DHCMA no se especifica cuál es el valor umbral utilizado para la evaluación del oxígeno).

Valores obtenidos para el parámetro

Los datos obtenidos para las MRUs se muestran en la Figura 34.

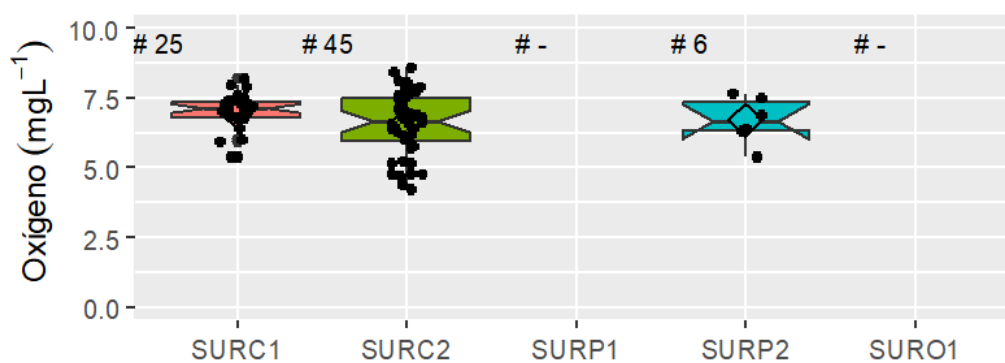


Figura 34. Distribución de las concentraciones de oxígeno para cada MRU agrupadas por periodo de evaluación. Se representa la mediana de la serie temporal dentro de cada periodo y el intervalo de confianza. Los números junto a las distribuciones indican el total de registros de cada periodo.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Los datos disponibles no permiten determinar cómo ha variado la concentración de oxígeno respecto a periodos previos.

Evaluación a nivel regional/subregional

Este indicador no fue evaluado en el *Quality Status Report 2023* del Mediterráneo, por tanto, no se cuenta con una evaluación regional del criterio D5C4.



REFERENCIAS



6. Referencias

- Caballero, I., Ruiz, J., & Navarro, G. (2011, June). Dynamics of the turbidity plume in the Guadalquivir estuary (SW Spain): A remote sensing approach. In *OCEANS 2011 IEEE-Spain* (pp. 1-11). IEEE.
- Ferreira, J. G., Andersen, J. H., Borja, A., Bricker, S. B., Camp, J., Cardoso da Silva, M., Garcés, E., Heiskanen, A. S., Humborg, C., Ignatiades, L., Lancelot, A., Menesguen, P., Tett, P., Hoepffner, N. & Claussen, U. (2010). Marine strategy framework directive-task group 5 report eutrophication. EUR, 24338, 49.
- Flores-Moya, A., Moreno, D., De la Rosa, J., Altamirano Jeschke, M., Bañares España, E. (2021). Seaweeds and Seagrasses: The Marine Forests from the Alboran Sea. 10.1007/978-3-030-65516-7_8.
- Gofas, S., Salas, C., Rueda, J. L., Canoura, J., Farias, C., & Gil, J. (2014). Mollusca from a species-rich deep-water *Leptometra* community in the Alboran Sea. *Scientia Marina*, 78(4), 537-553. <https://doi.org/10.3989/scimar.04097.27A>
- Golubkov, M. S., & Golubkov, S. M. (2023). Secchi Disk Depth or Turbidity, Which Is Better for Assessing Environmental Quality in Eutrophic Waters? A Case Study in a Shallow Hypereutrophic Reservoir. *Water*, 16(1), 18.
- Mercado, J. M., Gómez-Jakobsen, F., Cortés, D., Yebra, L., Salles, S., León, P., & Putzeys, S. (2016). A method based on satellite imagery to identify spatial units for eutrophication management. *Remote Sensing of Environment*, 186, 123-134.
- OSPAR, 2023. *Eutrophication Thematic Assessment*. In: OSPAR, 2023: Quality Status Report 2023. OSPAR Commission, London. Available at: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/thematic-assessments/eutrophication/>
- Ribas-Ribas, M., Gómez-Parra, A., & Forja, J. M. (2011). Spatio-temporal variability of the dissolved organic carbon and nitrogen in a coastal area affected by river input: The north eastern shelf of the Gulf of Cádiz (SW Iberian Peninsula). *Marine Chemistry*, 126(1-4), 295-308.

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos